
PUBLICACIONES DEL
DR. WALTHER SAUER
EN
EL BOLETÍN
DE
INFORMACIONES CIENTÍFICAS
NACIONALES,
ECUADOR
COMPILADO POR STALYN PAUCAR

β

COMPILACIÓN DE LAS PUBLICACIONES DEL DR. WALTHER SAUER EN EL BOLETÍN DE INFORMACIONES CIENTÍFICAS NACIONALES, ECUADOR

por

STALYN PAUCAR

Quito, 16 de Junio de 2022

CONTENIDO

1955	Los terremotos de la provincia de Imbabura acaecidos el 11 de Mayo y el 20 de Julio de 1955	1
1956	*Coprinisphaera ecuadoriensis* (bola de cangahua) y las esferas elaboradas actualmente por escarabajos de la Familia Scarabaeidae	11
1958	El Cerro Hermoso de Los Llanganates. La edad geológica de la Cordillera Real	23
1959	Alejandro de Humboldt en el Ecuador.	51

[Boletín de Informaciones Científicas Nacionales, N° 71,
Casa de la Cultura Ecuatoriana, 1955, pp. 159-169]

LOS TERREMOTOS
DE LA
PROVINCIA DE IMBABURA

acaecidos el 11 de Mayo y el 20 de Julio de 1955

por

Dr. WALTHER SAUER

Referencia bibliográfica

SAUER WALTHER (1955) Los terremotos de la provincia de Imbabura acaecidos el 11 de Mayo y el 20 de Julio de 1955. En: Paucar Stalyn (2022) Compilación de las publicaciones del Dr. Walther Sauer en el Boletín de Informaciones Científicas Nacionales-CCE, Ecuador. Quito, pp. 1-10.

CONTENIDO

El terremoto del 20 de Julio de 1955 6

El terremoto del 11 de Mayo de 1955 9

Fotos

1 Vista de la iglesia de San Francisco de Cotacachi 7

2 La casa del muelle en la laguna de Cuicocha 7

3 Quebrada Seca de Cuicocha 10

Con razón el geólogo holandés Gheyselinck puso a su obra de Geología el título: "La Tierra inquieta": Aunque el globo terrestre se nos presenta, aparentemente, firme e invariable, sin embargo, actúan sobre él fuerzas endógenas y exógenas, dando lugar a una perpetua transformación. En general, los movimientos que producen la metamorfosis son tan lentos que nos son imperceptibles. No obstante, ¡qué enormes dimensiones han alcanzado las transformaciones de la corteza terrestre sólo durante unos pocos períodos geológicos! Las rocas cretácicas de la Cordillera Occidental, por ejemplo, las famosas calizas al pie del Chimborazo, se formaron como sedimentos en el fondo del mar. En la actualidad aparecen, plegadas y levantadas, a la altura de 3000 a 4000 metros sobre el nivel marino, como resultado de la acción de fuerzas endógenas de la Tierra que obran, incesantemente en escala, para nosotros, casi inmensurable, durante el largo tiempo de las épocas geológicas. Una gigantesca construcción geológica se ha realizado.

Descifrando los detalles de su estructura conocemos su tectónica; pero la obra aún no está terminada. Las deformaciones y desplazamientos estructurales, que llamamos fenómenos tectónicos, perduran y se hacen reconocibles indirectamente para la observación de los hombres en los lugares donde se originan vibraciones por la ruptura o la fricción de las masas rocosas afectadas; estas vibraciones u ondas sísmicas se manifiestan en forma de temblores o terremotos.

Tales zonas, periódicamente movidas, se extienden a lo largo de los Andes. La muralla de las cordilleras, después de su formación por plegamiento de la corteza terrestre, se levantó y se encuentra todavía en estado de movimiento vertical. Puesto que el levantamiento se realizó en ritmos y grados desiguales en las diferentes zonas de las cordilleras, la corteza terrestre tuvo que rupturarse en bloques cortados por las fallas y sistemas de grietas, en direcciones longitudinal y transversal respecto a la forma alargada de los Andes. Las partes centrales de las cordilleras fueron levantadas, en el norte del País, en mayor grado que las faldas exteriores y las depresiones interandinas, las cuales quedaron más y más atrasadas en los movimientos del levantamiento general, mostrando así hundimiento en relación a las partes más levantadas. De este modo se acentuó el hundimiento relativo de la depresión interandina enclavada entre las dos cordilleras; así, se originaron también rupturas longitudinales, en las partes centrales de la depresión, con dirección N-S.

Las zonas rupturales, que son fallas o sistemas de varias fallas agrupadas paralelamente con poca distancia entre ellas, representan los lugares débiles de la corteza terrestre, los que han servido para formarse en ellos canales de conducción del magma hacia la superficie. Ya al fin del Terciario, especialmente durante el Plioceno, ha habido derrames de extensos mantos de lava andesítica por las grietas de estos sistemas de fallas. En el Cuaternario, a continuación de los movimientos rupturales verticales, se abrieron nuevamente aislados canales y chimeneas de erupción a lo largo de las fallas, tanto longitudinales como transversales, pero casi exclusivamente en la mitad septentrional del País, mientras la región del sur permaneció inmune al nuevo resurgimiento del vulcanismo pleistocénico que se presentó en el norte como consecuencia de los movimientos tectónicos arriba mencionados. Al paso que perduraban, en gran escala, los movimientos de desplazamiento vertical y los quebrantamientos de la corteza terrestre, durante el Pleistoceno, se produjeron las múltiples erupciones del magma que causaron la formación de nuestros gigantescos y numerosos volcanes. En cambio, parece que en la actualidad, los movimientos tectónicos están perdiendo intensidad y, consiguientemente, el vulcanismo ha disminuido considerablemente.

Sin embargo, se originan todavía tensiones, se acumula energía hasta que la resistencia del rozamiento en las fallas queda superada y, por fin, un golpe de movimiento neutraliza la tensión. Por fricción entre las masas rocosas desplazadas se producen luego vibraciones en la corteza terrestre – los temblores y terremotos – que se propagan desde el foco (hipocentro) a todas direcciones en forma de las ondas sísmicas. Aunque estos desplazamientos se efectúen en pequeña escala y, regularmente, en la superficie no se notan desfiguraciones del terreno como indicación inmediata de los movimientos de dislocación; sin embargo, dado el gran volumen de las masas rocosas movidas, se liberan enormes energías cinéticas que son capaces de producir fuertes vibraciones. Naturalmente, los sacudimientos sísmicos causan derrumbamientos superficiales de masas de tierras o rocas flojas que han permanecido en equilibrio inestable, pero este fenómeno es solamente una consecuencia indirecta del movimiento tectónico a lo largo de las fallas y puede ocurrir hasta a grandes distancias del epicentro.

Como en el caso de los sismos tectónicos se trata de movimientos de rozamiento en los planos de fallas de extensión longitudinal de muchos kilómetros, el epicentro muestra una forma correspondientemente alargada; este hecho se ha comprobado de manera impresionante por los fenómenos observados en relación con el terremoto del valle de los Chillos (Agosto 9 de 1938). El epicentro se marcó a lo largo de la falla existente entre los volcanes apagados Ilaló y Pasochoa, ocupando una extensión longitudinal de cerca de 20 kilómetros y de poca anchura, con la intensidad apreciada de VIII grados (Sieberg-Mercalli).

El terremoto del 20 de Julio de 1955

El terremoto de Cotacachi, del 20 de Julio de 1955, causó los principales daños en Cotacachi y Quiroga. Su grado de intensidad puede ser calculado en ambos pueblos entre V y VI. Allí generalmente se ha usado como material de construcción las cenizas y arenas volcánicas provenientes de las erupciones explosivas, relativamente modernas, del cráter de Cuicocha que apareció, como volcán parásito, largo tiempo después de haberse extinguido el volcán Cotacachi.

Es la costumbre hacer adobes y tapiales para edificar las viviendas con los flojos materiales volcánicos, poco adhesivos; naturalmente, su reducida consistencia no ha podido resistir los sacudimientos de intensidad relativamente baja, de modo que muchas casas se han desmoronado por completo. Las mejores construcciones muestran rajaduras en las junturas de materiales de diferente resistencia. En Cotacachi, la nueva iglesia de San Francisco, todavía en construcción, ha sufrido daños graves a causa de que las altas paredes aisladas, recién erigidas, al sufrir las fuertes oscilaciones sincrónicas con el sismo, tuvieron, en parte, que caer (ver Foto 1).

Es indispensable que se usen mejores materiales y tipos de estructura *antisísmica* para la construcción de los edificios nuevos, y en consideración de la pobreza de la población, el gobierno debe suministrar los fondos que sean necesarios para una edificación mejor adaptada a la sismicidad de la región.

El grado de intensidad del sismo, en Atuntaqui e Ibarra, debe ser considerado entre IV y V. Los daños causados serán menores, cuando se obtenga una adecuada construcción de los edificios y se cuente para ello con mejores materiales. Las observaciones que se han podido realizar al sur del volcán apagado de Cotacachi despiertan especial interés. La pequeña casa del muelle (ver Foto 2), en la laguna de Cuicocha, ha sido bien construida con cal y ladrillo, sobre un fundamento de arcos gruesos de mampostería sólida, los que no han sufrido ningún daño; mientras que las cortas paredes transversales de la casa se han cuarteado fuertemente, en primer lugar la del lado suroeste de la casa; en cambio la pared longitudinal del lado sureste quedó casi ilesa, lo que indica que las oscilaciones se produjeron en dirección noroeste-sureste.



Foto. 1. Vista de la iglesia de San Francisco de Cotacachi recién construida y, en parte, destruida por el terremoto (Foto W. Sauer).

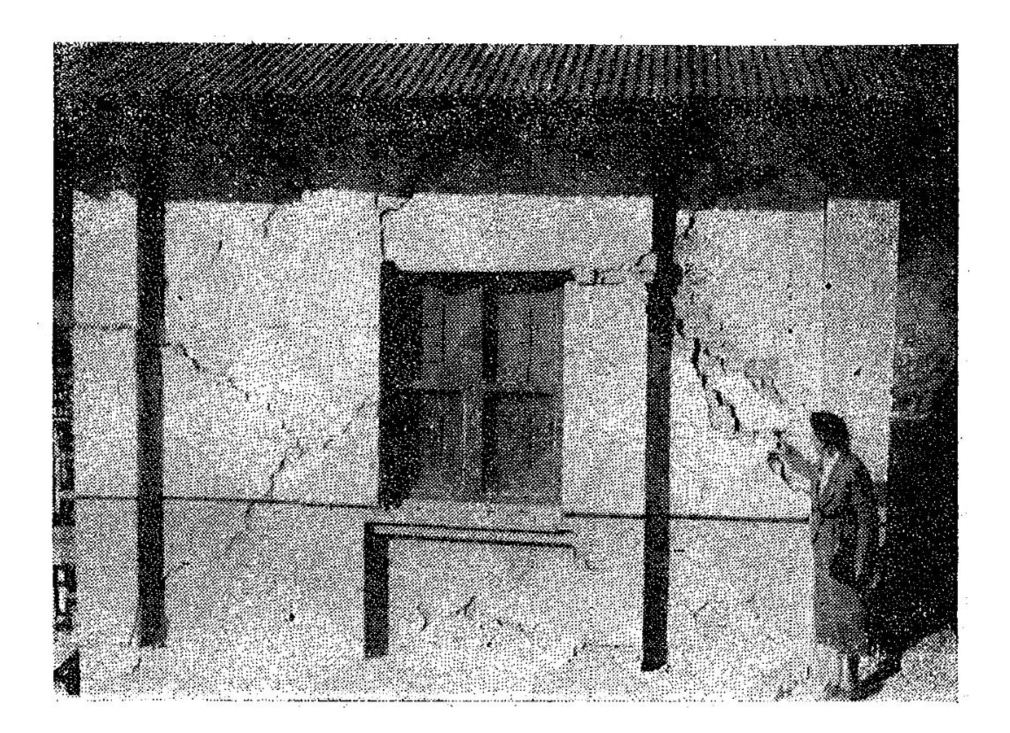


Foto. 2. La casa del muelle en la laguna de Cuicocha mostrando la pared transversal cuarteada de su lado suroccidental (Foto W. Sauer).

En la empinada ladera de la orilla septentrional de la laguna se produjeron grandes derrumbes de las masas flojas piroclásticas allí acumuladas sobre las paredes, casi verticalmente cortadas, en las rocas volcánicas antiguas y más sólidas y que forman la parte inferior de las pendientes que caen sobre la laguna. Parecidos derrumbamientos se han originado al sur, al sureste y al suroeste de Cuicocha, en las quebradas y en la carretera a Intag. Para la zona de Cuicocha debemos admitir, por lo menos, el grado VI de intensidad sísmica. En cambio, en dirección este, hacia Otavalo e Ibarra, disminuyó el grado de intensidad. Aparentemente el terremoto se produjo en dirección sur con la misma intensidad que en la laguna de Cuicocha.

No hubo la posibilidad de recoger observaciones suficientemente precisas y amplias para el trazo exacto de isosistas y la definición de la extensión completa del epicentro. Sin embargo, debe ser tenido por seguro que los centros de erupciones volcánicas antiguas – Yanaurcu – Cotacachi – Cuicocha – agrupados en la línea de dirección N-S, representan la posición de las fallas longitudinales en las que los movimientos tectónicos verticales que causaron el terremoto, se produjeron. Por esta razón hay que considerar la línea tectónica – Yanaurcu – Cotacachi – Cuicocha – como la zona epicentral del sismo.

La existencia de las fallas está comprobada también por la manera cómo se formaron los tres volcanes. El Yanaurcu, alargado en dirección N-S, constituye el resto de los enormes mantos lávicos emitidos y acumulados durante las erupciones que se verificaron en los últimos períodos terciarios. Posteriormente, ya en el Pleistoceno (Cuaternario antiguo), el magma andesítico buscó, más al sur, en la misma falla un canal de erupción: El Cotacachi se edificó durante largos tiempos de actividad volcánica; se extinguió más tarde y sufrió luego la fuerte destrucción causada por los glaciares que cubrieron el cono en gran extensión, por la duración del periodo glaciar. Su cúspide actual es sólo la ruina a la que ha quedado reducido el cono original por la erosión de los glaciares pleistocénicos. En tiempos geológicos más modernos otra erupción del magma avanzó a la superficie, más al sur del Cotacachi, pero siempre siguiendo la misma zona fallada y agrietada que sirvió de conductor a las erupciones anteriores. Por repetidas explosiones se abrió el gigantesco embudo de erupción por el que han sido arrojadas a la atmósfera las enormes masas sueltas: las cenizas, arenas y lapilli que cayeron alrededor de la caldera excavada en las faldas bajas del volcán Cotacachi, formando una empinada muralla circular en torno del cráter de Cuicocha que tiene de 2 a 3 kilómetros de diámetro. Los declives exteriores pierden a cierta distancia su fuerte grado de inclinación, se aplanan más y más y se convierten en las llanuras casi planas de la depresión interandina. Cuando hubo disminuido la vehemencia explosiva de la actividad volcánica, emergió lentamente, del canal de erupción, como la última etapa de aquella, una masa lávica densa y compacta que pronto se enfrió y endureció formando actualmente los dos islotes que se ven en el centro de la laguna, compuestos de andesita hornbléndica ácida.

La capa superficial de los materiales flojos modernos, producidos por las erupciones del cráter de Cuicocha, difieren claramente de la cangagua más antigua que aparece como producto consolidado de la sedimentación eólica de las arenas y cenizas que deben su origen a la anterior actividad eruptiva del volcán Cotacachi. También los colores de estas rocas son diferentes. El de las que son productos del cráter de Cuicocha, por su menor edad, es de un gris claro, hasta blanco; mientras la cangagua más antigua tiene el color característico, amarillento-parduzco.

Las flojas masas piroclásticas del "Cuicocha" se encuentran hasta en los pueblos de Cotacachi y Quiroga como capas superficiales de cerca de 1 a 2 metros de potencia, superpuestas sobre la cangagua y los conglomerados compactos. Los cimientos de las casas están, frecuentemente, fundados sólo en la arena floja superficial y, de este modo, esencialmente expuestos al efecto destructivo del terremoto. Ya se sabe que una capa superficial delgada y floja aumenta en gran escala la acción destructiva de los sismos; las masas flojas empiezan a bailar sobre el fondo más sólido. En cambio, una capa de material suelto de gran espesor puede amortiguar la intensidad del terremoto.

Ya mencioné que en la orilla septentrional del "Cuicocha", la parte inferior del talud se yergue casi verticalmente, porque está compuesta de los materiales antiguos ya consolidados del volcán Cotacachi. A la mitad de la altura de la ladera empieza la acumulación menos escarpada de las masas flojas de la muralla circular, a pesar de su declive, cortado a pico, en la parte inferior no se produjo ningún derrumbamiento; mientras que, de la muralla circular con sus menores pendientes, cayeron enormes cantidades de masas flojas; bajo condiciones similares se despeñaron, en los bordes de las quebradas, las capas superficiales de materiales sueltos.

En dirección sureste de la laguna se extiende la Quebrada Seca de Cuicocha (ver Foto 3), en cuyo lado septentrional se formó en los últimos tiempos una profunda ramificación lateral. Allí yacen las masas flojas piroclásticas, acumuladas en capas de 10 a 15 metros de potencia, con superficie plana poco inclinada hacia el este. Las aguas filtradas se reunieron en el fondo de las masas flojas; las arenas y cenizas finas, al saturarse completamente de agua, produjeron una fuerte presión lateral, abriéndose de golpe una brecha que dio lugar a una verdadera erupción de arenas flotantes hacia la quebrada. Las capas secas superiores se hundieron en los espacios que dejaron vacíos las flotantes arenas evadidas, habiendo reventado así la nueva quebrada lateral.

El terremoto del 11 de Mayo de 1955

El 11 de Mayo de 1955 a las 6 horas y 4 minutos de la mañana acaeció en el norte del País un terremoto bastante intenso. Fue sentido en Ibarra más fuerte que en Cotacachi y arruinó en Tabacundo muchas casas. Según las primeras impresiones hubo la suposición de que la Cordillera Oriental, había sido el foco del terremoto. Las comunicaciones de los observatorios sismográficos extranjeros han indicado como sitio provisionalmente calculado del sismo el lugar de 0° de latitud y de 78° de longitud occidental, es decir la región del Cayambe. Este terremoto fue causado también por movimientos en las fallas tectónicas que aparecen localizadas en mi mapa geológico del Ecuador (1950). Según mis indicaciones, la zona del Cayambe está situada en un punto donde se cruzan las fallas longitudinales y transversales de la región.

Podría ser de interés señalar los sistemas de fallas que reproduje en mi mapa geológico, ya que son de importancia actual para la provincia de Imbabura; la depresión interandina de la provincia está rodeada por las siguientes fallas principales:

En el Occidente las fallas salen de la Cordillera de la Escalera, prosiguen su curso por el cráter de Cuicocha, por el volcán de Cotacachi y por el macizo volcánico de Yanaurcu, en dirección al norte. El sistema oriental está marcado por las cadenas de Angochagua y las líneas de dirección N-S, a lo largo de las cuales se formó un declive brusco en las montañas al Oriente de Ibarra. Más allá otra línea paralela constituye el valle longitudinal de los ríos Pisque y Chamachán, y, a continuación hacia el macizo del Cayambe, sigue la línea principal del sistema de fallas. Un grupo central de fallas, en dirección longitudinal se comprueba por la presencia del volcán Chiles, el río del Ángel y los cerros volcánicos Pinllar, Imbabura y Cusín. El sur de la depresión imbabureña está limitado por un sistema transversal de fallas marcadas por la línea Cayambe – Cerro Cusín – Mojanda – Cordillera de la Escalera.

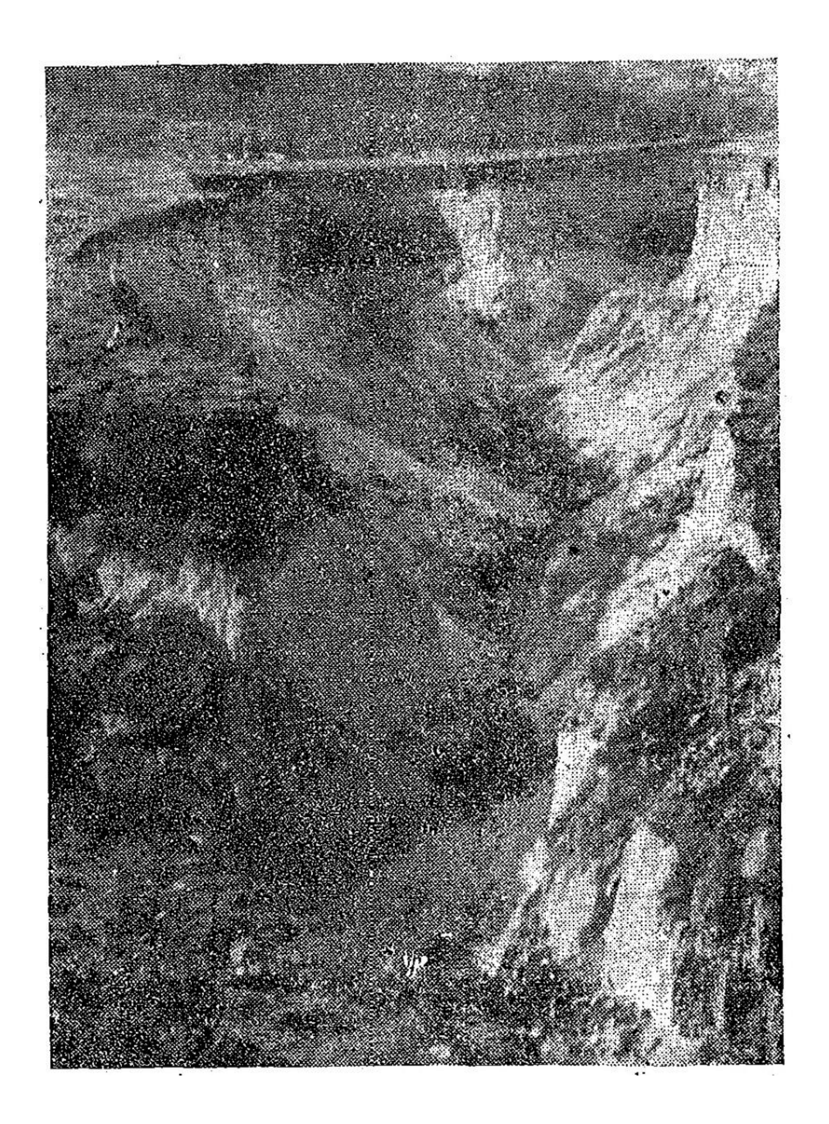


Foto. 3. La quebrada que se formó en los últimos tiempos por erupción de arenas flotantes del fondo, abriéndose paso a la Quebrada Seca de Cuicocha al sureste de la laguna. En el lugar representado por la foto, las blancas arenas y cenizas flojas del cráter “Cuicocha” tienen potencia de más de 10 metros y, al saturarse de las aguas filtradas, se convirtieron en móviles arenas flotantes (Foto W. Sauer).

Todos los cerros y montañas mencionados representan antiguos volcanes muy potentes y centros de erupción de enormes mantos y acumulaciones de lava. A lo largo de las fallas y rupturas tectónicas que constituyen los sitios de movimiento ruptural, y por ende también los lugares más débiles de la corteza terrestre, el magma ha podido irrumpir hacia la superficie; pero estos sistemas de fallas adquieren mayor importancia, así como las zonas vecinas de la superficie terrestre en las cuales, aún en la actualidad, pueden realizarse movimientos verticales tectónicos tan fuertes que se manifiestan todavía en forma de terremotos y temblores.

La sismicidad de la corteza terrestre está azotada anualmente por cerca de 10000 vibraciones sísmicas y constituye uno de los efectos de la perpetua inestabilidad de la Tierra, lo que indujo al célebre geólogo Gheyselinck a titular su obra: “La Tierra Inquieta”.

*[Boletín de Informaciones Científicas Nacionales, N° 75,
Casa de la Cultura Ecuatoriana, 1956, pp. 550-555]*

COPRINISPHAERA ECUADORIENSIS
(BOLA DE CANGAHUA)
Y
LAS ESFERAS ELABORADAS ACTUALMENTE POR ESCARABAJOS DE LA FAMILIA SCARABAEIDAE

por

Dr. WALTHER SAUER

Referencia bibliográfica

SAUER WALTHER (1956) *Coprinisphaera ecuadoriensis* (bola de cangahua) y las esferas elaboradas actualmente por escarabajos de la Familia Scarabaeidae. En: Paucar Stalyn (2022) Compilación de las publicaciones del Dr. Walther Sauer en el Boletín de Informaciones Científicas Nacionales-CCE, Ecuador. Quito, pp. 11-22.

CONTENIDO

Fotos

1	Horizonte de esferas de *Coprinisphaera ecuadoriensis*	15
2	Esferas con los orificios característicos en su manto cangahuoso	16
3	Los cortes de la esfera izquierda de la foto N° 2	16
4	Los cortes de la esfera derecha de la foto N° 2	16
5	Esfera de *Deltochilum dentipes Esch.* (Brasil) con escarabajo adentro	17
6	Esfera de *Phanaeus milon Bl.* (América del Sur)	18
7	Escarabajo "pelotero" de la Subfamilia Coprinae	19
8	Esfera de barro del escarabajo de la foto N° 7	20
9	Esfera de barro del escarabajo "pelotero" de la foto N° 7	20
10	Cortes de la esfera de la foto N° 8	21
11	Cortes de la esfera de la foto N° 9	21

En el Boletín N° 2 del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Central publiqué un artículo intitulado “Coprinisphaera Ecuadoriensis” que versaba sobre las bolas de cangahua que se encuentran en los sedimentos eólicos pleistocénicos compuestos de material volcánico fino, generalmente llamado cangahua. Se trata de la conocida toba de color gris amarillento parecido al famoso Loess que cubre, en la parte septentrional del Ecuador, las regiones bajas de las depresiones interandinas. Ciertos horizontes de la Cangahua del último período interglaciar albergan esferas de 5 - 8 centímetros de diámetro exterior, las que representan importantes fósiles de guía (ver foto N° 1) y llaman la atención por su forma casi geométricamente esférica. Como en las fotos 2, 3, y 4 siguientes, el interior de las esferas huecas, comúnmente, está rellenado con material cangahuoso más o menos endurecido. Además, la mayoría de ellas van provistas de un orificio redondo de 1 a 2 centímetros de ancho en el manto esférico.



Foto N° 1. Horizonte de esferas de *Coprinisphaera ecuadoriensis* en la cangagua eólica del último Interglaciar; Quito, Calle Vargas (Foto W. Sauer).

Ya desde que hube visto por primera vez estas bolas pleistocénicas, opiné que no podrían representar productos de formación inorgánica, sino que debían haber sido elaboradas por escarabajos de la Familia Scarabaeidae.

Las publicaciones del famoso entomólogo Dr. Hanns von Lengerken, Profesor de la Universidad Halle en Alemania, me han suministrado el material que me ha permitido comparar las bolas fósiles con los productos parecidos que, en la actualidad son elaborados por los escarabajos peloteros de la Familia Scarabaeidae y qué sirven como esferas protectoras para la cría de su prole.

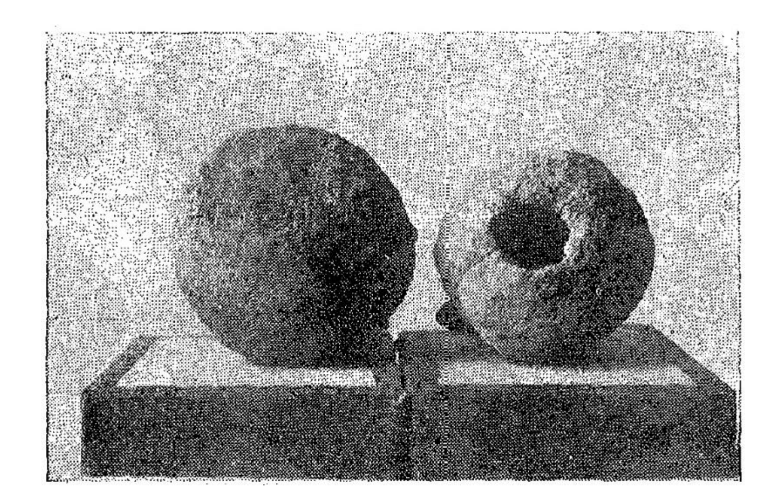


Foto N° 2. Esferas con los orificios característicos en su manto cangahuoso (Foto W. Sauer). ½ de tamaño natural.

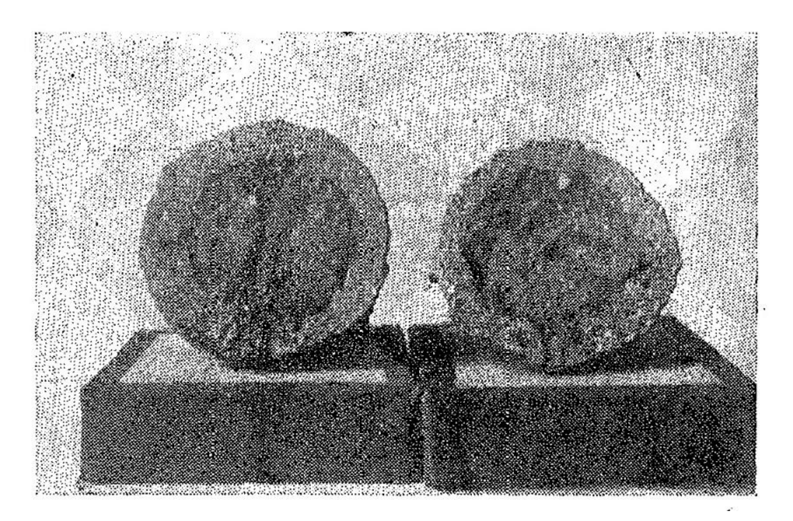


Foto N° 3. Los cortes de la esfera izquierda de la foto N° 2 (Foto W. Sauer). ½ de tamaño natural.

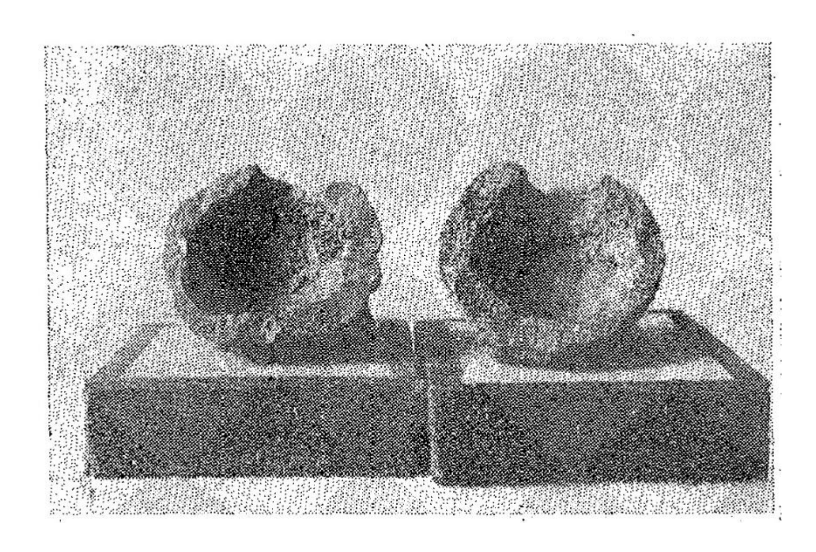


Foto N° 4. Los cortes de la esfera derecha de la foto N° 2 (Foto W. Sauer). ½ de tamaño natural.

Las especies *Deltochilum dentipes* Esch. 1922, Brasil y *Phanaeus milon* Blanch. 1943, Brasil de la Subfamilia Coprinae producen, actualmente, en el Brasil esferas protectoras de cría que se asemejan sumamente a las esferas (bolas) de la cangahua. Según las investigaciones del doctor H. v. Lengerken debe explicarse la elaboración de las esferas producidas por el escarabajo *Deltochilum dentipes*, de la manera siguiente: El escarabajo pelotero forma una bola de estiércol sin enterrarla y la hace rodar un espacio para envolverla, en su escondite, con un esférico manto arcilloso. En una parte elevada del manto arcilloso en forma de protuberancia de 0.5 - 1 centímetro de altura, la hembra construye la cámara ovicular que alberga en su interior una pequeña cavidad para recibir el huevo. La cámara tiene su continuación hacia el interior de la esfera por un canal que perfora el manto arcilloso. La larva minúscula salida del huevo penetra en la bola de estiércol y la utiliza en el transcurso de su crecimiento y de su metamorfosis como alimento para transformarse en crisálida y, finalmente; en escarabajo (Foto N°. 5). El diámetro exterior de la esfera representada mide 5.8 centímetros y el espesor del manto 1.0 centímetro y poco más.

La especie *Phanaeus milon* Branch, 1943, Brasil, pertenece al grupo Coprini que usan estiércol y carroña para formar las bolas alimenticias (foto N° 6) y envuelven la bola constituida de partículas de carroña con un manto esférico de arcilla. En la parte superior del manto está colocada la cámara ovicular, en la cual se encuentra colgado de un hilo un huevo de 8 mm de largo. El *Phanaeus milon* entierra la esfera arcillosa en un canal de 20 centímetros de profundidad debajo del lugar en que encontró la carroña. El diámetro exterior de esta esfera oscila entre 5 a 7 centímetros y muestra en la protuberancia de la cámara ovicular un orificio redondo. El escarabajo que resulta al fin de la transformación de la larva, aumenta el tamaño de este orificio para salir de la esfera protectora. De este modo desaparecen la cámara ovicular y la protuberancia adquiriendo la bola su forma esférica con el hueco redondo característico y asemejándose de este modo, completamente, a las esferas (bolas) de la cangahua pleistocénica.

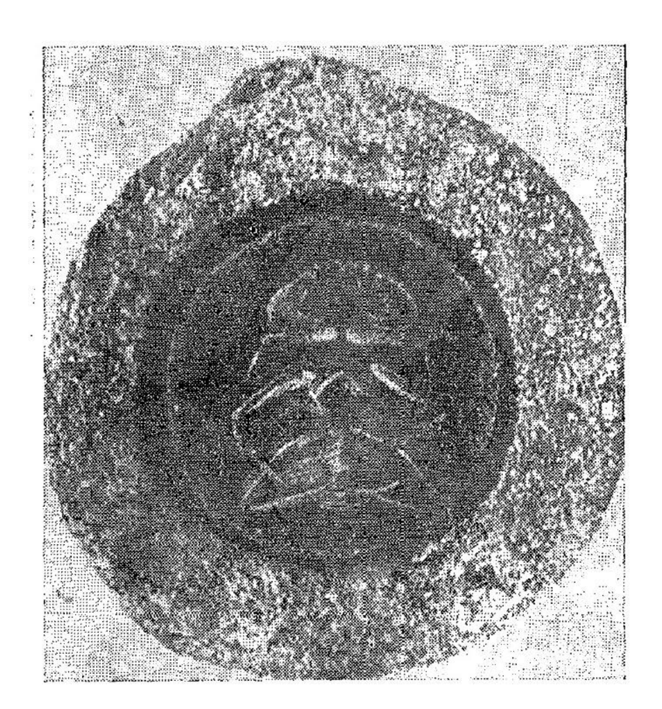


Foto N° 5. Esfera de *Deltochilum dentipes Esch.* (Brasil) con escarabajo adentro (Foto H. v. Lengerken). Tamaño natural 6 cm.

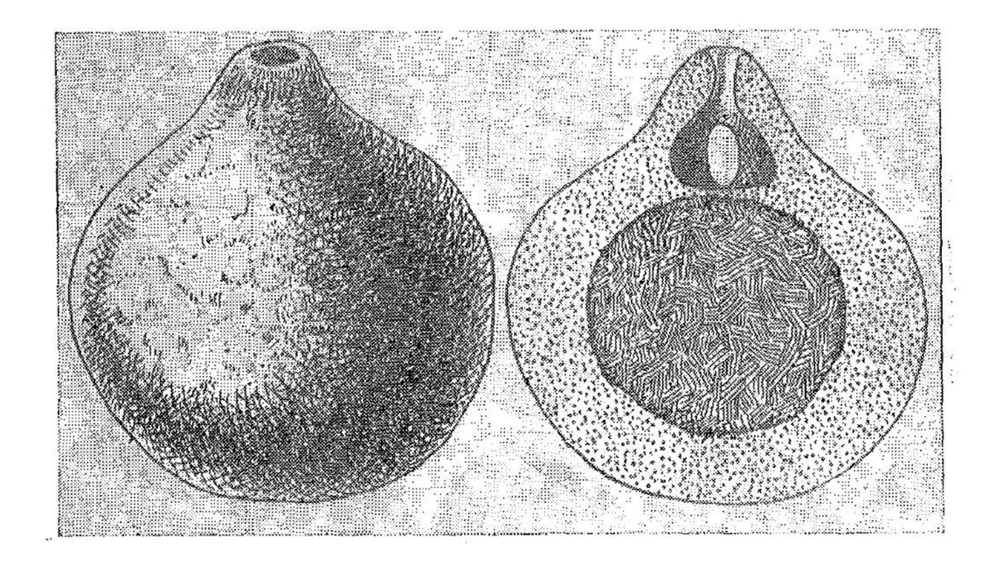


Foto N° 6. Esfera de *Phanaeus milon Bl.* (América del Sur) mostrando la cámara ovicular y la bola de estiércol en el interior (Dibujo H. v. Lengerken). Tamaño natural.

Ya en el año 1848 Burmeister informó que la especie *Deltochilum brasiliense* Lap. et Cast. del grupo Scarabaeini de la Subfamilia Coprinae elabora una esfera alimenticia de estiércol de 3.5 centímetros de diámetro, a la que el escarabajo envuelve con un manto esférico de tierra arcillosa de 1.3 centímetros de espesor, de manera que se forma una esfera de 6.1 centímetro de diámetro.

La comparación de las esferas protectoras construidas actualmente por escarabajos de la Subfamilia Coprinae con las esferas pleistocénicas comprueba con bastante certeza que las esferas pleistocénicas (Coprinisphaera Ecuadoriensis), con los orificios característicos; constituyen la obra de la previsión cuidadosa en favor de la cría, de un escarabajo emparentado con representantes de la Subfamilia Coprinae que viven en la América del Sur y elaboran idénticas esferas terrosas o arcillosas para proteger el desarrollo de su prole.

Siempre me imaginé que, igualmente en el Ecuador, deben existir escarabajos peloteros parecidos a los del Brasil, como descendientes del escarabajo pelotero pleistocénico creador de las Coprinisphaeras de la Cangahua, ya que, en la literatura entomológica, fue mencionada la especie *Deltochilum tesselatum* Bates 1870, observada en el Ecuador por el entomólogo Ohaus.



Foto N° 7. Escarabajo "pelotero" de la Subfamilia Coprinae vive actualmente en el Ecuador elaborando en el sur del País sus esferas protectoras para la cría de su prole. (Foto W. Sauer). ½ del tamaño natural.

En ocasión de una de mis últimas excursiones geológicas tuve la suerte de encontrar en el sur del país el escarabajo pelotero de la Subfamilia Coprinae (foto N° 7). Los conocedores me contaban que representa .la especie de constructores de esferas protectoras. Felizmente el señor Celso Larreátegui, Tesorero del Municipio Cantonal de Chinchipe, muy interesado en la investigación de los recursos naturales de su provincia me entregó unos ejemplares de las esferas buscadas. El clima de las regiones donde vive actualmente en el Ecuador el escarabajo pelotero que elabora estas esferas protectoras es tropical hasta subtropical con períodos de lluvia interrumpidos por tiempos secos de mayor duración. Allí, en el extremo sur, el terreno es montañoso y muy accidentado. El tránsito se desarrolla en caminos de herradura y senderos a lomo de mula, causa por la que los escarabajos encuentran a lo largo de los caminos suficientes cantidades de estiércol para la fabricación de las bolas alimenticias. Para principiar el proceso de procreación, este escarabajo pelotero elabora una bola de estiércol de 3.0 a 3.5 centímetros de diámetro, que hace rodar hacia el lado del camino sobre terreno blando donde excava un canal algo espiral, hasta llegar a la profundidad de veinte a treinta centímetros debajo de la superficie. En el fondo del canal deposita la bola de estiércol y la envuelve con un manto esférico de arcilla de cerca de 1 centímetro de espesor, de manera que el diámetro exterior de la esfera protectora mide 5.0 a 5.5 centímetros. Encima del manto arcilloso pone el escarabajo una pequeña elevación de 0.5 centímetros de altura que contiene la cámara ovicular (fotos Nos. 8 y 9). Por esta protuberancia adquiere la esfera una forma algo alargada. La cámara ovicular tiene arriba un pequeño orificio como embudo por el que entra el huevo. Hacia abajo existe una continuación en forma de un canal estrecho que pasa por el manto arcilloso y llega al interior de la esfera rellenada de estiércol que debe servir como alimento a la larva.

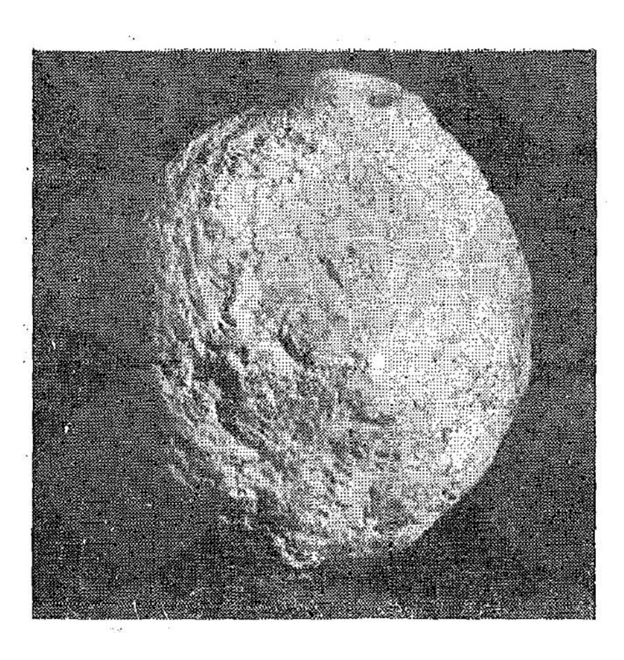


Foto N° 8. Esfera de barro del escarabajo de la foto N° 7 mostrando en la parte superior la protuberancia que contiene la cámara ovicular (Foto W. Sauer). Tamaño natural.

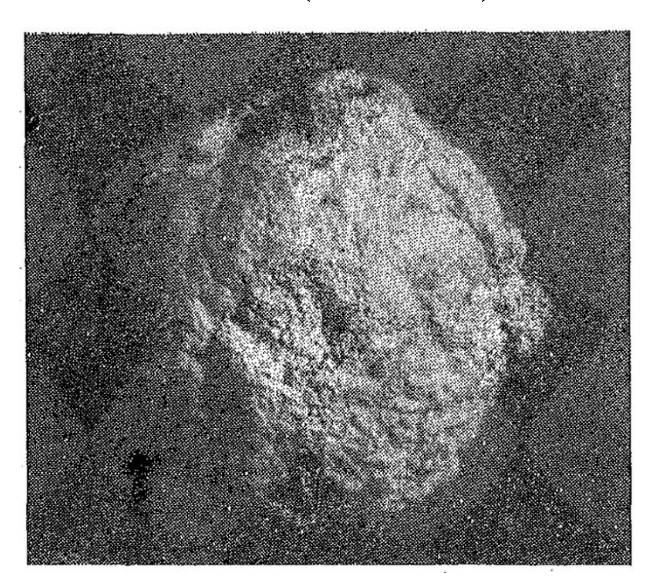


Foto N° 9. Esfera de barro del escarabajo "pelotero" de la foto N° 7 excavada en la materia todavía plástica; resultaron unas grietas en el manto arcilloso. Bien desarrollada la elevación con la cámara ovicular (Foto W. Sauer). Tamaño natural.

Para la construcción del aparato entero necesita el escarabajo sólo uno a dos días. Desde el huevo depositado en la cámara ovicular la larva pequeña llega por el canal de comunicación a la bola alimenticia de estiércol y se desarrolla poco a poco comiendo el estiércol almacenado en la esfera. Al fin del proceso de metamorfosis el escarabajo nuevo se abre paso hacia afuera por la cámara ovicular rompiendo y ampliando los orificios estrechos ya existentes, y haciendo desaparecer la protuberancia de la cámara ovicular. La esfera protectora adquiere su forma esférica original. Con el orificio producido por el escarabajo que salió de la instalación protectora, la esfera hueca aseméjese grandemente a la bola pleistocénica.

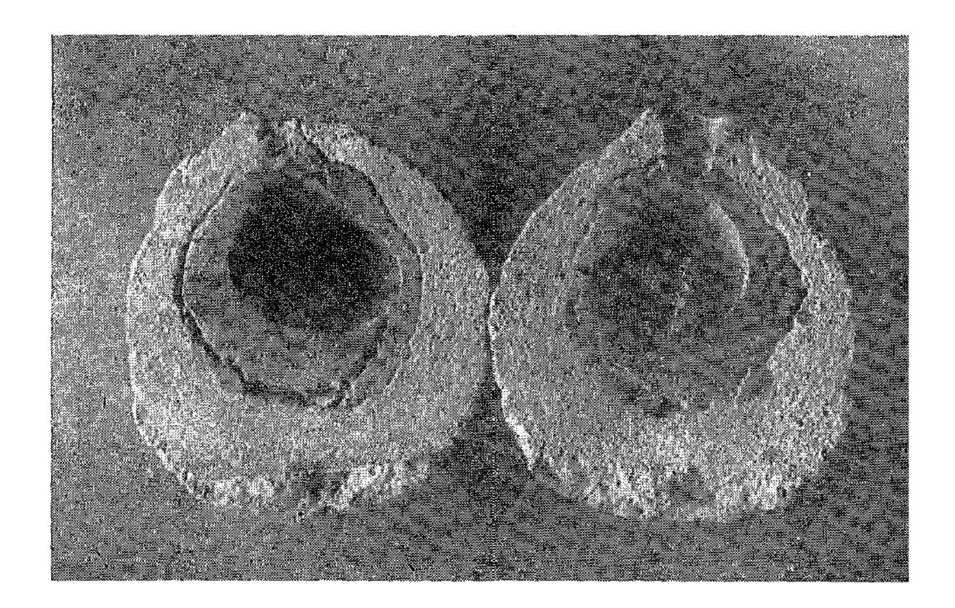


Foto N° 10. Cortes de la esfera de la foto N° 8. El manto protector de barro envuelve la bola de estiércol desecado. La larva, alimentándose del estiércol, ha formado el espacio vacío interior y ha muerto antes de haber consumido el resto de su alimento. En la parte derecha se ve la larva muerta, que no alcanzó su tamaño final más grande para después transformarse en escarabajo. (Foto W. Sauer).

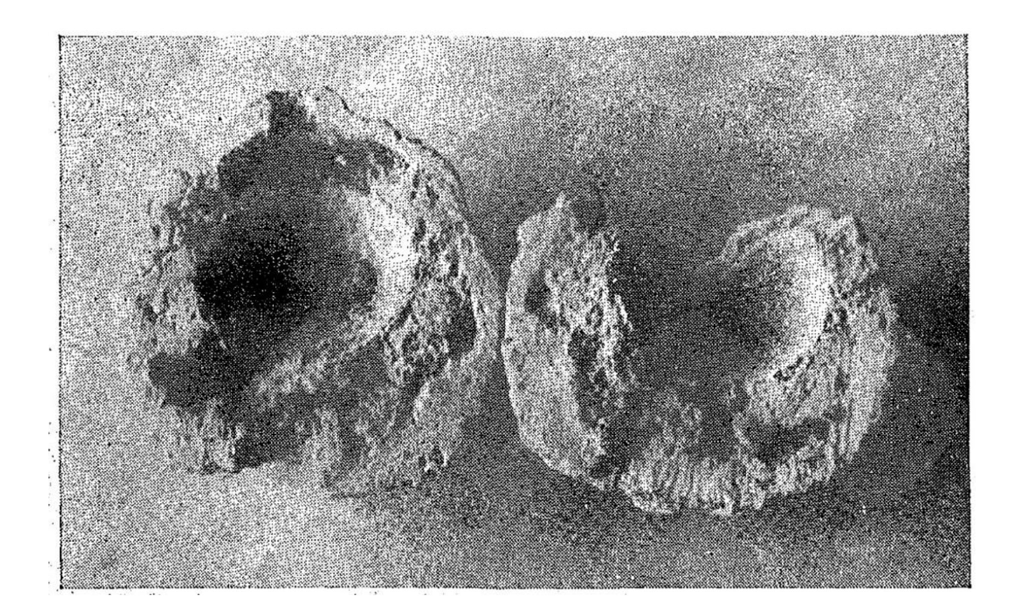


Foto N° 11. Cortes de la esfera de la foto N° 9. El manto protector de barro muestra muchos desperfectos por construcción defectuosa. La bola de estiércol ha desaparecido por completo sin que haya huellas del desarrollo de la larva. Probablemente el huevo y el estiércol fueron consumidos por gusanos que entraban por los huecos del manto mal fabricado (Foto W. Sauer).

El escarabajo reproducido en la foto N° 7 es de color verde obscuro brillante.

Después de un examen detenido de las fotos del escarabajo actual y de sus bolas, H. v. Lengerken llegó a la conclusión de que se trata de *Phanaeus conspicillatus* F. del grupo “Coprini” de la Familia “Scarabaeidae” siempre que la investigación sobre verdaderos ejemplares del escarabajo en cuestión, confirme el resultado del examen preliminar.

Según H. v. Lengerken los “Phanaides” no forman sus bolas alimenticias de estiércol rodándolas en la superficie del suelo como lo hacen los representantes del género Deltochilum del grupo “Scarabaeini” de la misma Familia “Scarabaeidae”; sino excavando en el suelo primero, un canal desde la superficie hasta una profundidad de unos 30 centímetros y ensanchándolo en su parte terminal, de tal modo que resulta una cueva pequeña. A esta cavernita transportan, de la superficie, pequeñas porciones de estiércol las que aglomeran y amasan formando así una esfera alimenticia con dicho material alrededor de la cual construyen la capa protectora de barro con la cámara ovicular y su chimenea encima.

Respecto a la formación de la bola alimenticia, las indicaciones del Sr. Larreátegui no concuerdan con la exposición del Prof. Dr. Lengerken. Por esta razón es necesario estudiar más detenidamente la biología de nuestro escarabajo.

Por la forma exterior completamente esférica de la “Coprinisphaera” se podría atribuir la bola pleistocénica a un “pelotero” que construía la bola alimenticia y el manto esférico protector haciéndolos rodar en la superficie del suelo en contraposición al actual *Phanaeus conspicillatus* que, por esta causa, no representaría un descendiente directo del constructor pleistocénico de la “Coprinisphaera” pero muy bien un pariente cercano porque ambos pertenecen a la Subfamilia “Coprinae” de la Familia “Scarabaeidae”.

BIBLIOGRAFÍA

Abelardo Estrada (1941) ‘La Cangahua del Cuaternario en el Ecuador’. Anales de la Universidad Central Quito.

Dr. Walter Sauer (1943) ‘Memoria Explicativa del Mapa Geológico de Quito’. Anales de la Universidad Central. Quito.

Dr. Walter Sauer (1950) ‘Contribuciones al conocimiento del Cuaternario en el Ecuador’. Anales de la Universidad Central. Quito.

Dr. Walter Sauer (1955) ‘'Coprinisphaera Ecuadoriensis. Un Fósil Singular del Pleistoceno’. Boletín del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Centra1. Año 1, ó 2. Quito, Ecuador.

Dr. Hanns von Lengerken (1951) ‘Der Pillendreher (Skarabaeus)’ Akademische. Verlagsgesellschaft Leipzig.

Dr. Hanns von Lengerken (1952) ‘Der Mondhornkaefer’. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.

Dr. Hanns von Lengerken (1952-1953) ‘Zur Brutbiologie der Coprinen-Gattung Deltochilum (Coleopt)’. Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Halle Wittenberg.

[Boletín de Informaciones Científicas Nacionales, N° 85,
Casa de la Cultura Ecuatoriana, 1958, pp. 465-499]

EL CERRO HERMOSO DE LOS LLANGANATES EN EL ECUADOR

LA EDAD GEOLÓGICA DE LA CORDILLERA ORIENTAL

por

Dr. WALTHER SAUER

Referencia bibliográfica

SAUER WALTHER (1958) El Cerro Hermoso de Los Llanganates en el Ecuador. La edad geológica de la Cordillera Real. En: Paucar Stalyn (2022) Compilación de las publicaciones del Dr. Walther Sauer en el Boletín de Informaciones Científicas Nacionales-CCE, Ecuador. Quito, pp. 23-50.

CONTENIDO

Carta de Walther Sauer al Presidente de la Casa de la Cultura Ecuatoriana

I – Introducción 29

I^{a} – Primeras noticias geológicas y geográficas sobre el Cerro Hermoso 29

I^{b} – La expedición efectuada desde el 20 de Noviembre hasta el 5 de Diciembre de 1955. Itinerario y observaciones generales geológicas y morfológicas 30

II – Estratigrafía de la zona explorada 33

II^{a} – El Cerro Hermoso 37

1) Micaesquisto moscovita calcáreo 37
2) Micaesquisto ottrelita sericítico 37
3) Gneis albita epidótico 38
4) Gneis albita moscovítico 38
5) Micaesquisto parecido al del N° 8 pero de menor potencia 38
6) Pizarra caliza 38
7) Caliza pizarrosa parecida a la pizarra caliza del N° 6 38
8) Micaesquisto ottrelita grafítico 40
9) Diorita presionada (anfibolita) 40
10) Pizarra caliza 40
11) Mármol de granulación fina a mediana 42
11a) Caliza esquistosa milonítica quebrada y plegada 42
12) Pizarra caliza 42
13) Pizarras calizas negras 42
14) Caliza metamórfica negra 42

II^{b} – Perfil geológico a lo largo del río Pastaza entre la hacienda de San Francisco y el Cerro Abitagua 43

II^{c} – Perfil geológico a lo largo del río Mulatos 46

III – Tectónica e historia geológica 47

IV – Resumen 49

V – Literatura 50

FIGURAS

Figura 1. Croquis N° 1 de los Llanganates 32

Figura 2. El Cerro Hermoso 35

Figura 2a. Fotografía del Cerro Hermoso 36

Figura 3. Perfil Geológico a través de la zona del Cerro Hermoso (Llanganates) 39

Figura 3a. Microfoto de la pizarra caliza N° 10 41

Figura 4. Plano N° 5. Situación geológica de los Llanganates 45

NOTA PRELIMINAR

El Cuerpo de Redacción ha creído conveniente dar a conocer la carta que el Dr. Walther Sauer ha dirigido al Presidente de la Casa de la Cultura, por contener en sus líneas la historia de le expedición mediante la cual el destacado geólogo pudo estudiar el Cerro Hermoso y extraer de sus observaciones las interesantes conclusiones que los lectores de este Boletín encontrarán en este trabajo.

La referida carta dice lo siguiente:

Dr. Walther Sauer *Frankfurt a.M., a 18 de noviembre de 1957*

Frankfurt a.M.

Korberstrasse 18

Alemania

Señor

Presidente de la Casa de la Cultura Ecuatoriana

Quito – Ecuador

Casilla 67

Estimadísimo señor Presidente:

Por intermedio de la embajada de la República del Ecuador en Bonn estoy entregándole a Ud. mi trabajo sobre el Cerro Hermoso de los Llanganates y la edad geológica de la Cordillera Oriental, para su publicación en el Boletín de Informaciones Científicas Nacionales.

A fines del año 1955 el estimado Director de este Boletín, Dr. Julio Arauz, me había entregado los medios suministrados de parte de la Casa de la Cultura Ecuatoriana para que yo realizara una investigación amplia del misterioso Cerro Hermoso, cuyos resultados geológicos debían ser publicados en el Boletín mencionado.

Emprendí la expedición patrocinada por esa noble institución en el tiempo comprendido entre el 20 de Noviembre y el 5 de Diciembre de 1955. Recogí materiales científicos muy extensos que fueron completados por otra excursión, igualmente a expensas de la Casa de la Cultura Ecuatoriana, esta vez a la zona del río Pastaza entre la hacienda de San Francisco y el Cerro Abitagua, desde el 25 de Enero hasta el 3 de Febrero de 1956.

No había podido terminar los estudios de la rica cosecha científica en el corto lapso de tiempo antes de mi regreso a Alemania fijado ya para fines del mes de Abril de 1956.

Se trataba de problemas complicados de la Geología Andina y por eso se necesitaba comprobaciones seguras. Hice estudios especiales de comparación en la Selva Negra en Alemania y en los Alpes Suizos. Investigué los macizos de Aare y de San Gotardo para conocer las relaciones de las formaciones sedimentarias plegadas con los macizos autóctonos en comparación con las condiciones geológicas respectivas del Ecuador. Las preparaciones e investigaciones microscópicas de las muestras petrográficas ecuatorianas las hice en los laboratorios del Instituto Mineralógico de la Universidad Johann Wolfgang Goethe en Frankfurt a.M. Creo que resultó una obra interesante.

El trabajo proporciona contribuciones importantes al conocimiento de la Geología del Ecuador y asimismo a la Geología de los Andes en general.

No habría podido justificarme de haber omitido los esfuerzos de explotar debidamente el gran material científico de las expediciones costosas. Por eso he preferido continuar prolijamente los estudios en Alemania y entregar a Ud., estimadísimo señor Presidente, un trabajo completo para la publicación en el Boletín de Informaciones Nacionales, trabajo que corresponde a la importancia del objeto y a los medios gastados.

Presento a Ud., el testimonio de mi alta consideración.

Muy atentamente,

Dr. WALTHER SAUER

I – INTRODUCCIÓN

Iª – Primeras noticias geológicas y geográficas sobre el Cerro Hermoso

En su carta del 8 de Julio de 1873 dirigida al Presidente de la República del Ecuador, Don Gabriel García Moreno, el geólogo alemán Dr. Wilhelm Reiss relata los acontecimientos de su viaje al Cerro Hermoso. Había salido de Píllaro para llegar primero hasta el Tambo de Jaramillo y después de algunos días de esfuerzos penosos, estableció su campamento de carpas en la escarpada ensillada de Toldofilo, la que forma parte de la subestructura o zócalo del Cerro Hermoso. Estorbado por el mal tiempo, la caída casi incesante de lluvias y nieves, no pudo realizar sino investigaciones geológicas muy escasas. Otro objeto de la expedición era determinar la altitud y la posición geográfica del cerro, objeto que fue conseguido plenamente. W. Reiss ha observado y calculado la altitud en 4576m. Según observaciones con instrumentos más modernos asciende a 4639m.

Refiriéndose a la geología del cerro W. Reiss menciona la existencia de rocas calcáreas negras de estratificación horizontal, las cuales integran empinadas laderas occidentales, superpuestas sobre un zócalo constituido de micaesquistos verticales. Clasificó las capas negras como calizas pizarrosas bituminosas, quedadas allí como testigo solitario de un manto de sedimentos cretácicos que antes se hubiesen extendido sobre todo el macizo cristalino de la Cordillera Oriental, enlazando tanto con las formaciones cretácicas de la región subandina oriental como con el Cretáceo de la actual Cordillera Occidental. La comprobación de esta teoría concerniente a la totalidad de la geología andina habría contribuido, en primer término, a conocer con certeza la edad geológica de la Cordillera Oriental. Por eso ha sido de gran interés estudiar detenidamente las condiciones geológicas del Cerro Hermoso para averiguar si se pudiera evidenciar la teoría de W. Reiss.

Durante el tiempo comprendido entre el 20 de Noviembre y el 3 de Diciembre de 1955, emprendí una excursión geológica al Cerro Hermoso, en los Llanganates, patrocinada por la Casa de la Cultura Ecuatoriana.

Antes de entrar en la descripción de los resultados de mis estudios he de mencionar los otros exploradores que han publicado por lo menos algunas observaciones escasas relacionadas con la geología de nuestro cerro

Muchos buscadores de tesoros han penetrado en las regiones inhospitalarias de los Llanganates. Desgraciadamente el dinero y las energías gastadas en estas aventuras no han producido ni un mínimo de resultado científico.

En cambio, el famoso geógrafo ecuatoriano Luciano Andrade Marín ha suministrado los primeros conocimientos reales y amplios de la geografía de los Llanganates. Publicó como fruto de su expedición realizada durante los meses Diciembre de 1933, Enero y Febrero de 1934, su interesante libro que contiene también unas indicaciones sobre la posición, forma y climatología del Cerro Hermoso.

En el año 1940, el ingeniero Kakabadse ascendió al Cerro Hermoso. Me comunicó la observación interesante de que el cerro se había presentado en aquel tiempo absolutamente libre de nieve y hielo.

Por otra parte, W. Reiss había visto, en el año 1873, considerables acumulaciones de hielo glaciar entre los dos picos principales y un pequeño glaciar al lado oriental.

Yo mismo observé, durante mi excursión, la existencia de áreas de nieve endurecidas (neviza) en las faldas occidentales que bajaron hasta niveles de 4400m.

Luciano Andrade Marín vio en el año 1933 sólo manchas de nieve en las partes más altas del cerro, que, según su opinión, deberían haber existido únicamente durante ciertas épocas del invierno.

Estas observaciones afirman también en el Ecuador que, en general, el límite de las nieves perpetuas ha subido durante los últimos 80 años, causa conocida, por la que los glaciares del mundo entero han experimentado una merma muy fuerte. Ya desde que Hans Meyer, en el año 1904, hizo sus estudios sobre el límite de la nieve en el Ecuador, los grandes glaciares del lado septentrional del Chimborazo han retrocedido en mayor escala como he podido constatar por mis repetidas investigaciones. Por tanto, no debe sorprendernos que el glaciar relativamente pequeño, observado hace unos 80 años por W. Reiss, haya desaparecido completamente. En la actualidad han quedado sólo áreas insubsistentes de neviza, porque, desde el tiempo de W. Reiss el límite de las nieves perpetuas se ha levantado por encima de las cúspides más altas del cerro.

I^b – La expedición efectuada desde el 20 de Noviembre hasta el 5 de Diciembre de 1955. Itinerario y observaciones generales geológicas y morfológicas.

El croquis adjunto N° 1 da la representación del itinerario que he seguido en el viaje. Hice la ida a lo largo del borde septentrional de la Cordillera de Jaramillo y el regreso por el margen Sur de la misma, cuya prolongación oriental se extiende hasta el Cerro Hermoso en medio de los Llanganates.

He tenido la satisfacción de confirmar una observación interesante hecha ya por Luciano Andrade Marín sobre la vegetación de estas regiones.

Los pajonales de los páramos cubren sólo la parte occidental de los Llanganates siempre que el subsuelo esté compuesto por material volcánico, es decir por andesitas y sus derivados piroclásticos. Apenas uno pisa las pizarras cristalinas, que componen la parte oriental de los Llanganates, se observa un cambio extraño de la vegetación. El junco, una especie de bambú enano, amante del frío y de la acuosidad, cubre, en lugar de la paja ordinaria (stipa), las amplias áreas de los valles y sus laderas montañosas en alturas mayores de 3500m. Se extienden los ilimitados juncales monótonos, que caracterizan los suelos húmedos y pantanosos soportados por las rocas poco permeables de los granitos y pizarras cristalinas. En cambio, el subsuelo de las rocas andesíticas, porosas y agrietadas, deja pasar a la profundidad las aguas atmosféricas que caen allá en inmensas cantidades. De este modo la línea divisoria entre la región occidental andesítica y la zona oriental de rocas cristalinas, señalada en el croquis N° 1, representa más o menos el límite entre los pajonales y los juncales de los Llanganates.

En Píllaro empezamos nuestro viaje de exploración geológica (véase croquis N° 1), favorecidos por un tiempo excepcionalmente bueno que nos abandonó sólo por muy pocos días. Primero nos dirigimos al NE, superamos el Pongo y luego viramos al SE hacia la laguna Auca-cocha. Desde la elevación de Chihuilasacha vimos por primera vez, en la lejanía, nuestro cerro. Bajamos el curso superior del río Topo hasta nuestro campamento N° 3, donde el cerro encantado se ofreció a nuestros ojos, esta vez con toda claridad, en dirección Sur. Atravesamos el río Topo y subimos el antiguo valle glaciar que en el Pleistoceno albergó uno de los ventisqueros, ahora desaparecido del Cerro Hermoso. Tuvimos que abrir una trocha en las malezas impenetrables. Por fin llegamos a la ensillada entre el zócalo del Cerro Hermoso y las estribaciones orientales de la Cordillera de Jaramillo, a la que W. Reiss había dado el nombre de Toldofilo. Allá pusimos el sexto campamento que me sirvió de punto de salida para mis exploraciones geológicas durante los cuatro días siguientes.

Como ya mencioné, partes de las zonas superiores del Cerro Hermoso estaban cubiertas de nieve y neviza. La víspera del regreso había caído mucha nieve que envolvió también grandes áreas del zócalo, poniendo término a mis trabajos de investigación.

Para el regreso necesitamos sólo tres días. Pasando la Puerta (véase croquis N° 1) entramos en la región del páramo de Jaramillo, después de haber atravesado el curso superior del río Verde, afluente del río Pastaza. La tarde del segundo día nos vio ya en el tambo de Jaramillo y, el tercer día, llegamos hasta Píllaro.

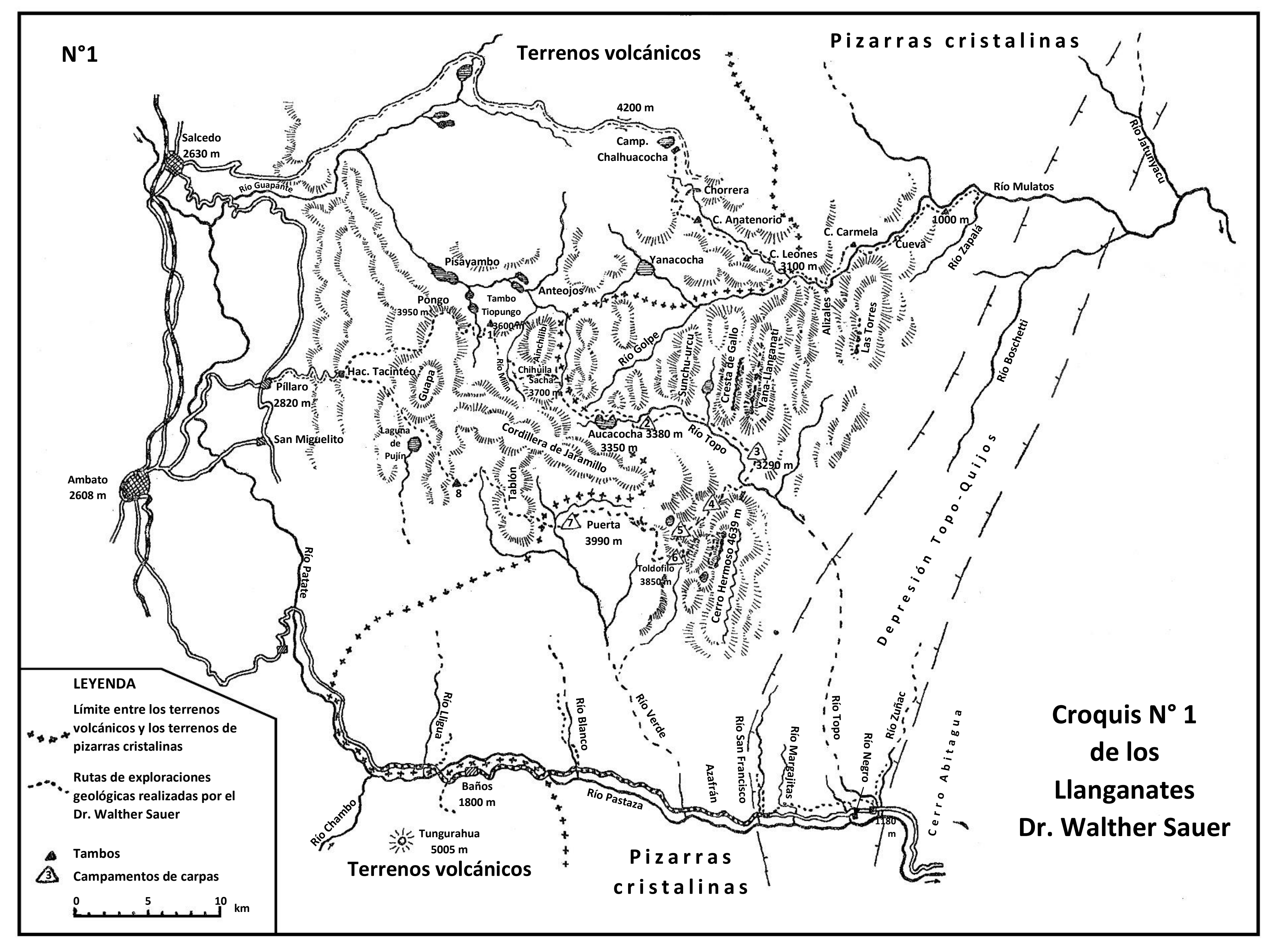


Figura 1. Croquis N° 1 de los Llanganates

II – Estratigrafía de la zona explorada

Las alturas de la Cordillera Oriental lindantes con la depresión interandina están cubiertas de materiales volcánicos de andesitas, lavas, aglomerados y tobas. Son los productos del volcanismo antiguo de la época final del Terciario. Entre el paso de Chihuila-sacha y la laguna Auca-cocha desaparecen las formaciones volcánicas, las que ocultan la faja occidental del núcleo cristalino de la Cordillera Oriental. Sólo a lo largo del borde meridional de la laguna, la cubierta volcánica de la Cordillera de Jaramillo se prolonga en dirección Este.

Vemos surgir la conformación de un paisaje del pasado geológico. En el Terciario la Cordillera Oriental, creada por plegamiento, fue denudada y aplanada fuertemente. La siguiente glaciación pleistocénica, reforzada por el levantamiento general de los Andes, dio lugar a un modelado especial. Durante los períodos glaciares la mayor parte de los Llanganates quedó sumergida debajo de extensos mantos y corrientes de hielo, en lento flujo continuó hacia las zonas exteriores más bajas. Como resultado de la acción erosiva de los glaciares desaparecidos se presentan, actualmente, las características formas redondeadas de los cerros y valles amplios en cuyos fondos no faltan las cochas, lagunas y pantanos tan típicos para los Llanganates. Sólo las cúspides y crestas de los cerros y cadenas más altas se han salvado de la erosión cepilladora del hielo, como demuestran sus peñas ásperas y escarpadas que han salido sobre la superficie del mar de hielo emergiendo como islas y arrecifes. Ejemplos marcados son: Sunchu-urcu, Cresta de gallo, Cerro Hermoso, Yana-Llanganati y las Torres. Este fenómeno permite apreciar que el espesor del hielo pleistocénico, tendido sobre grandes partes de los Llanganates, cual un manto de “Inlandeis”, ha ascendido en ciertos lugares, a más de 300 metros.

El joven río Topo nacido en la laguna Auca-cocha cava su lecho estrecho y poco profundo en las pizarras cristalinas del fondo del valle espacioso, que por su perfil transversal en forma de la letra U, se manifiesta de origen glaciar. Un obstáculo pétreo duro cruza en dirección N-S el valle. Ha resistido a la erosión glaciar tanto que se ha formado un escalón sobre el cual se precipitaron anteriormente las cascadas de hielo. Podemos observar en la superficie de las rocas ahora desnudas el pulimiento y estriamiento característicos para el movimiento rozante del hielo cargado de arena y fragmentos pétreos que produjeron las estrías. Se repiten, río abajo, dos o tres veces los escalones. Sobre ellos se extienden los fondos planos y pantanosos con las lagunas. En los escombros del material morrénico de las laderas se encuentran bloques y fragmentos de gneis, migmatita, granito presionado, micaesquisto y mármol impuro. Poco a poco vira el río hacia el Sur. Aumentada su fuerza de erosión, rápidamente, profundiza su lecho en gran escala, utilizando el desnivel de casi 1000 metros hasta su base de erosión en el río Pastaza.

Desde el lado occidental del Cerro Hermoso han salido dos glaciares pleistocénicos. La ensillada de Toldofilo ha desempeñado el papel de una divisoria entre las dos corrientes glaciares de modo que, actualmente, se extienden allí en direcciones N y S dos valles de formación glaciar, que descienden, abruptamente, el primero al río Topo, y el segundo a un afluente del río Verde (véase croquis N° 1). Existen los mismos fenómenos de la acción erosiva de los glaciares antiguos, la que hemos observado ya en el valle superior del río Topo. El subsuelo de la comarca se compone de micaesquistos de variable solidez. Consiguientemente en el primer valle curvado hacia el NE, el antiguo glaciar ha producido erosión selectiva, es decir, no ha podido profundizar el valle con igualdad de condiciones a lo largo de toda su extensión. Al contrario, resultó un descenso discontinuo. Se presentan ahora cuatro escalones altos sostenidos por esquistos duros, que ofrecieron mayor resistencia a la erosión glaciar que las demás pizarras suaves. Sobre los escalones se ha estancado el agua dando origen a los pantanos actuales.

Los escarpados picos negros del Cerro Hermoso (véase dibujo N° 2) se elevan encima de las ondulantes formas redondeadas de su zócalo enorme. Cinco cúspides están arrumbadas en línea larga de dirección N-S. La foto fue tomada desde la cadena de montañas al Oeste del macizo y muestra toda su anchura. Parece compuesto de estratos horizontales. Al extremo izquierdo, el potente pilar septentrional (4630m) domina el grupo. Su forma es de un obelisco gigantesco. Luego, separados por una ensillada, siguen hacia el Sur los cuatro picos más pequeños, todos unidos en su base por la muralla negra de las calizas empinadas.

Para familiarizarnos con su aspecto soberbio hemos bautizado las diferentes cúspides. El pico septentrional más impresionante nos pareció digno de representar un monumento al geógrafo de los Llanganates. Por eso recibió el nombre de Luciano Andrade Marín. A propuesta de mi compañero Jorge Pozo las cúspides siguientes en dirección Sur fueron denominadas Cristina y Walther Sauer. Mi hija que me ayudó en la fotografía, es probablemente la primera mujer que visitó el Cerro Hermoso. Al pico próximo le denominé Jorge Pozo para honrar a mi valiente compañero y amigo. La cúspide del bastión meridional fue bautizada pico Amador López, no sólo como recompensa a los servicios valiosos del viejo experto y capitán de nuestros peones, sino también en elogio de los once hombres bravos que han cargado sus bultos pesados a través de montes y pantanos, trepando o deslizándose por las cuestas más abruptas, siempre de buen humor.

Ya desde el campamento N° 3 habíamos visto el Cerro encantado. Allí ofrece su lado estrecho. El grueso pilar septentrional, el pico Luciano Andrade Marín, oculta la fila de los demás picos que siguen en dirección Sur, de modo que él sólo se deja ver superpuesto al zócalo como pirámide asimétrica con su lado escarpado hacia el Norte y la pendiente suave hacia el Sur.

En el dibujo N° 2 puede ser distinguida una loma negra, antepuesta al propio Cerro Hermoso. Pertenece a su zócalo y está representada en el perfil N° 3 por el signo altitudinal de 4175m. Observada desde lejos parece componerse de capas oscuras más o menos horizontales. No obstante, de su investigación detenida resulta lo siguiente: Los micaesquistos negros que integran la loma y que enseñan un buzamiento empinado hacia el Oeste, están cortados en bancos delgados horizontales y producen la impresión de que se trata de verdaderas capas estratificadas horizontalmente. Las fallas principales distan de 1 a 2 metros entre sí y están rellenadas de una especie de milonita fina de material pizarroso triturado y nuevamente cementado. Este fenómeno tectónico fue originado por el empuje orogénico horizontal efectuado después de la formación definitiva de las pizarras cristalinas del Cerro Hermoso y su zócalo representadas por micaesquistos muy variados, gneises y rocas eruptivas básicas gneisificadas.

Como ya mencioné, las rocas efusivas y piroclásticas del último período neoterciario se superponen, en la zona contigua a la depresión interandina, sobre las pizarras cristalinas de la Cordillera Oriental. La línea señalada en el croquis N° 1 indica el límite de la extensión del material volcánico por un curso sinuoso. En el valle del río Mulatos y en la parte oriental de la Cordillera de Jaramillo es donde las lavas andesíticas han avanzado lo más lejos en dirección Este; mientras que las pizarras cristalinas quedan desnudadas, cerca de la unión del río Patate con el río Chambo ya al pie occidental de la Cordillera Oriental.

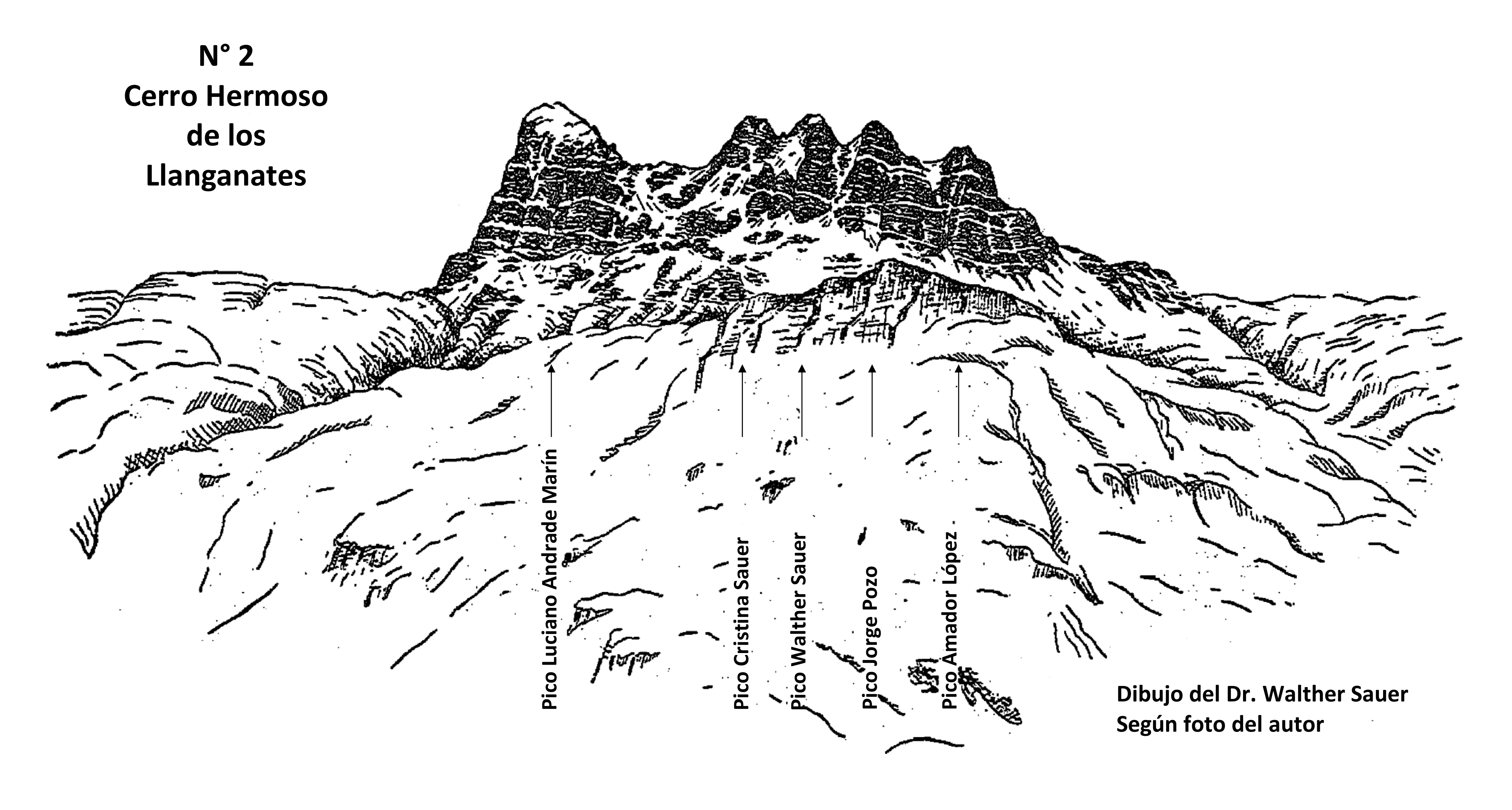


Figura 2. El Cerro Hermoso



Figura 2a. Fotografía del Cerro Hermoso

Las filitas, micaesquistos, mármoles y gneises albíticos de la cordillera se han formado por metamorfismo regional, procedentes de sedimentos de composición variada arcillosa, arenosa, margosa y calcárea de esporádico contenido orgánico, el cual ha suministrado la substancia carbonosa y grafitosa de algunos tipos de pizarras oscuras o negras. A trechos se habían intercalado entre los sedimentos originales, rocas efusivas de carácter básico, que podrían ser consideradas como representantes del magmatismo inicial respecto a la orogénesis. Conforme a la variabilidad constitucional de las rocas originales, en la Cordillera Oriental, los productos de la metamorfosis regional ofrecen a la vista una multitud extraordinaria de pizarras y micaesquistos. Sólo en la reducida área del Cerro Hermoso y de su zócalo encontramos un número considerable de especies interesantes de metamorfitos como muestra el perfil N° 3.

IIª – El Cerro Hermoso

El zócalo del cerro está constituido por las pizarras cristalinas, Nos. 1 a 9, enumeradas en el perfil N° 3.

He podido realizar su investigación microscópica en los laboratorios del Instituto Mineralógico de la Universidad “Johann Wolfgang Goethe” de Frankfurt a.M.

1) Micaesquisto moscovita calcáreo

Color gris oscuro. La superficie de la exfoliación estriada tiene brillo por la presencia de hojitas finísimas de moscovita. La sección transversal muestra alternación de capas finas claras y oscuras. Textura pizarrosa.

Investigación microscópica:

El micaesquisto se compone, en general, de un mosaico de pequeños granos de cuarzo. En las capitas oscuras predominan partículas finas de carbono o de grafitoide. Aparte de cuarzo hay granos de calcita y hojitas de moscovita, pero la cantidad de cuarzo supera la de calcita y moscovita. Localmente las capas finas arregladas en dirección paralela, se amoldan a los granos mayores de calcita. La pizarrosidad se origina por el arreglo paralelo de los minerales constituyentes alargados.

2) Micaesquisto ottrelita sericítico

Color gris claro. Grano finísimo. Las escamitas de sericita producen el brillo en la superficie de la exfoliación bien desarrollada. Textura marcadamente pizarrosa.

Investigación microscópica:

Fajitas de limitación poco precisa de mosaico cuarzoso finamente granulado contienen largos ejemplares lanciformes de ottrelita y alternan con fajitas de sericita con poco cuarzo fino. Zonas impregnadas de polvo de grafitoide atraviesan irregularmente la sección. Se insertan acumulaciones reducidas lentiformes de gránulos calcíticos. A trechos se encuentran partículas de albita.

En estos micaesquistos raramente aparecen concreciones de clorita de color verde oscuro, cuya investigación microscópica da el resultado siguiente: Están constituidas de un pavimento de cristales de clorita (0.5 a 2.0mm de ancho y de largo). Los intersticios muy reducidos se rellenan de calcita y epidota cristalizadas y de hojitas de moscovita. Cristalitos idiomórficos de cuarzo existen en los granos de calcita.

3) Gneis albita epidótico

Color gris verdusco. Grano fino. Textura paralela poco pizarrosa.

Investigación microscópica:

Predominan granos finos hasta medianos de albita de maclas polisintéticas estrechas, según la ley de albita. Junto con las albitas existen en la misma cantidad, gránulos de cuarzo. Pequeños cristales redondeados de epidota y pocas laminitas de biotita parcialmente cloritizada completan el contenido mineral.

4) Gneis albita moscovítico

Color gris claro. Grano fino hasta mediano. Algo más pizarroso que el N° 3. Brillo poco desarrollado. Textura paralela filiforme. A simple vista, series de minerales blancos agrupados en fila se reúnen formando varillas minúsculas entre sí paralelas e incluidas en hojitas de biotita.

Investigación microscópica:

La albita predomina formando maclas polisintéticas, a veces ajedrezadas, ligeramente cargadas de escamitas de sericita. Hay gránulos pequeños de cuarzo, cuya cantidad figura detrás de la de albita. En las fajitas de mosaico de cuarzo predominante, los granos mayores muestran entre nícoles cruzados extinción ondulante y bordes granulados de estructura de mortero. Las escamitas de moscovita, localmente, se congregan en filas densas amoldándose a las albitas mayores. La moscovita preferentemente se asocia con las albitas. Existen sólo pocas hojitas de biotita cloritizada.

5) Micaesquisto parecido al del N° 8 pero de menor potencia

6) Pizarra caliza

Color negro. En capas delgadas hasta gruesas. Textura uniforme. Cristales brillantes en la masa aparentemente homogénea.

Investigación microscópica:

Textura fajeada poco precisa. Fajitas de pequeños granos de calcita salpicadas de polvo grafitoide alternan con fajas de cristales de calcita más grandes libres de material carbonoso. Las partículas de grafitoide se encuentran comprimidas entre los granos calcíticos penetrando las partes exteriores de ellos. Además de las hojitas de moscovita arregladas más o menos en la dirección de las fajas paralelas hay pocos gránulos de cuarzo y cubitos de pirita.

7) Caliza pizarrosa parecida a la pizarra caliza del N° 6

Investigación microscópica:

Textura paralela finamente fajeada muy pronunciada, las calcitas alargadas son rigurosamente arregladas en la dirección de las fajas. Tamaño de las calcitas: 0.3 a 0.6mm de largo, 0.1 a 0.2mm de ancho. Los polvos carbonosos están finamente comprimidos entre las fajas calcíticas. Aislados granos de cuarzo y hojitas de moscovita. Muy pocos cubitos de pirita.

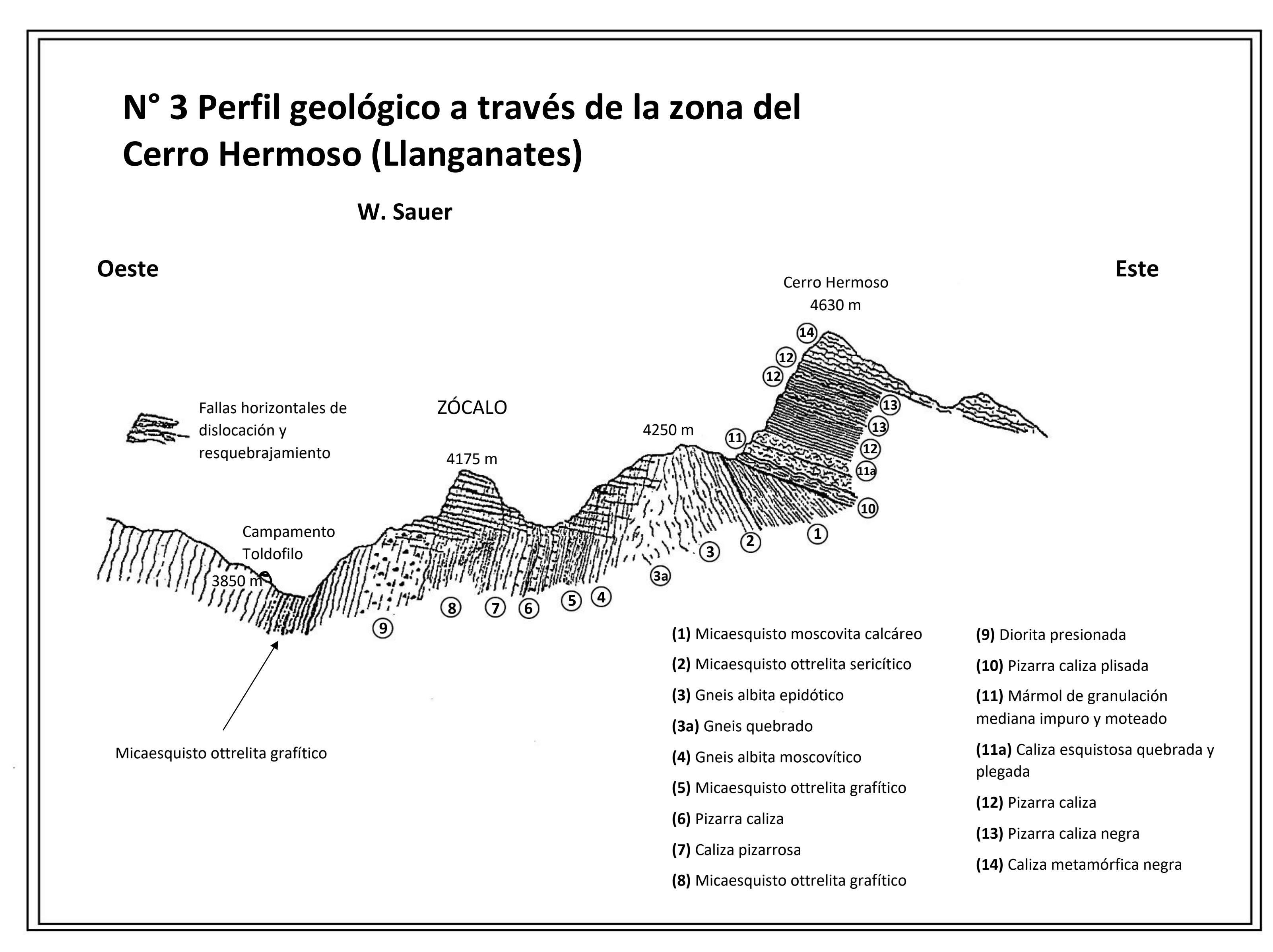


Figura 3. Perfil Geológico a través de la zona del Cerro Hermoso (Llanganates)

8) Micaesquisto ottrelita grafítico

Color gris oscuro brillante. Grano fino. Pizarrosidad muy pronunciada. Superficies plisadas de las planchas de exfoliación. Fajas claras alternantes con fajas oscuras conforme al menor o mayor contenido de grafitoide.

Investigación microscópica:

Textura paralela pizarrosa y ondulada; en secciones transversales de ondulación finísima.

Sección longitudinal: fajas alternantes claras y oscuras de pocos milímetros de espesor. En las fajas claras los cuarzos alargados de extinción ondulante y las ottrelitas largas (0.4 a 1.2mm de largo, 0.3 a 0.5mm de ancho) están ordenadas estrictamente en dirección de la textura paralela. Las fajas oscuras se distinguen por gran cantidad de polvo grafitoide y de escamitas de sericita paralelamente ordenadas. Poco contenido de cuarzos alargados. Existen también unos granos incoloros de zoisita.

Sección transversal: Textura ondulada. Fajas bien onduladas hasta plisadas, claras y oscuras de la misma composición que muestran las de la sección longitudinal. Los cristales de ottrelita transversalmente cortados se arriman con menor precisión a las curvaturas de la textura.

9) Diorita presionada (anfibolita)

Color claro amarillento pintado de manchas de gris verdoso oscuro. De grano grueso a mediano. Textura uniforme granular, ligeramente paralela a causa de la presión orogénica. Estructura ofítica. Predominan feldespato y anfíbol.

Investigación microscópica:

Anfíbol actinolizado de color gris verdusco pálido, apenas pleocroítico. Maclas gruesas de términos deshilachados. Los extremos de los granos a veces torcidos. Tamaño hasta 1.5mm.

Plagioclasa completamente descompuesta (se trata de una muestra de la superficie de la roca, un largo tiempo expuesta a las intemperies). Su determinación como oligoclasa-andesina se verificó en las partes raras menos descompuestas, llenas de escamitas de caolín y clorita. Maclas polisintéticas. Tamaño de 0.6 a 1.0mm y más grande. Raras hojas de biotita parcialmente cloritizada. Como accesorios se encuentran pequeños cristales de rutilo y titanita.

Las peñas negras escarpadas del Cerro Hermoso de estratificación aparentemente horizontal están integradas de los siguientes tipos de rocas, Nos. 10 a 14 del perfil N° 3, cuya configuración microscópica he investigado también en el Instituto Mineralógico de la Universidad de Frankfurt a.M.

10) Pizarra caliza

Color negro. Grano fino. Embancadas delgadas. Textura paralela marcada por capitas finas de calcita blanca. Cristalitos de calcita diseminados en la masa se hacen notar por su reflejo brillante.

Investigación microscópica:

Se manifiesta, sorprendentemente, una textura de remolinos, la que representa el revolvimiento singular de los componentes minerales, causada por presiones y movimientos orogénicos. Las capas se han resbalado una sobre otra produciendo entre ellas repliegue, torsión y revolución de la masa calcárea finamente fajeada (véase microfoto N° 4).

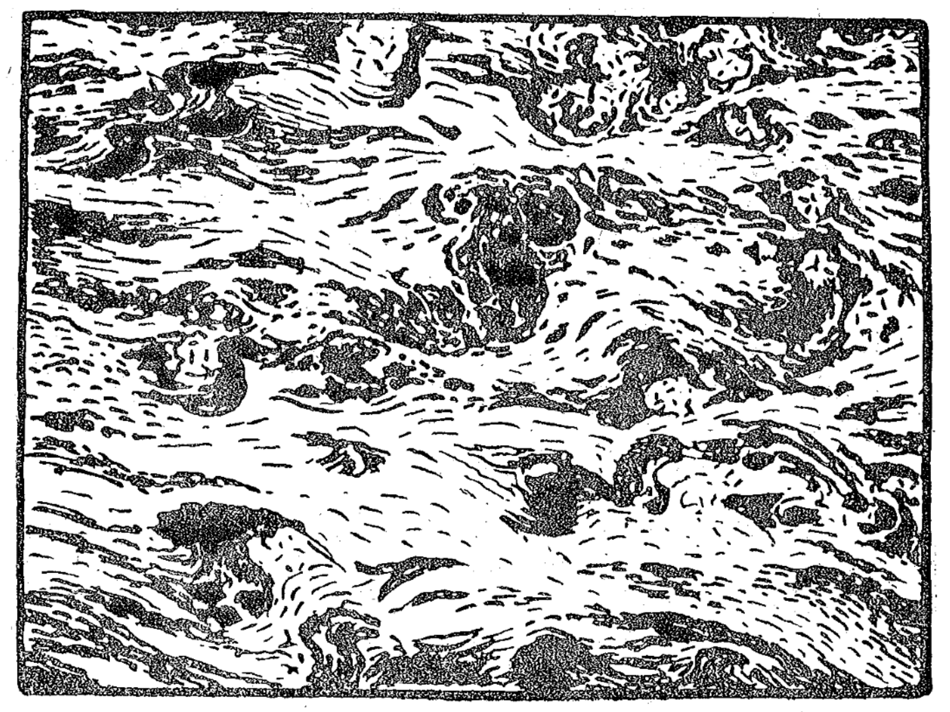
Las fajas carbonosas de grafitoide, originalmente continuas, están despedazadas y dislocadas por el movimiento de traslación que realizaron las capas de calcita. Los cristales de calcita se han alargado considerablemente (largo 0.4mm, ancho 0.02mm) experimentando una torsión en forma de letra S, unidos con pocos cuarzos ondulantes estirados y hojitas mínimas de moscovita intercaladas.

Las partículas de grafitoide se amontonan delante y detrás del núcleo de los remolinos, formado de un agregado redondo de pequeños cuarzos.

En la sección transversal las fajas resultan ser fardos minúsculos de cristales calcíticos alargados envueltos en masas ricas en polvo de grafitoide.

La pizarra caliza es la base del propio Cerro Hermoso, la que se apoya inmediatamente sobre el zócalo (véase perfil N° 3). La estructura y textura microscópicas de esta pizarra revelan que había servido como lubricante para la traslación de la mole superpuesta a su lugar actual, la que resbaló sobre el zócalo. Aún cuando esta pizarra se asemeja mucho, por su aspecto superficial, a las calizas pizarrosas Nos. 6 y 7 la diferencia microscópica es enorme. Los Nos. 6 y 7 muestran sólo una textura paralela sencilla causada por la simple presión orogénica sin la reproducción del estiramiento y arremolinamiento como consecuencia del movimiento de traslación. La relación entre el largo y ancho de los cristales calcíticos en las calizas Nos. 6 y 7 es 3:1, en la pizarra caliza N° 10 es 20:1.

Figura N° 3a. Microfoto de la pizarra caliza N° 10. Aumento 20 × 1.



Blanco: Calcita y cuarzo

Negro: Grafitoide

11) Mármol de granulación fina a mediana

Color gris oscuro. Confusamente fajeado y moteado. Las fajas claras y manchas tienen tono algo amarillento por hidróxido de hierro. Textura uniforme.

Investigación microscópica:

Estructura de pavimento entremezclado con fragmentos de pizarra caliza finamente fajeada por filas de polvo de grafitoide. Se trata evidentemente de restos de calizas negras pizarrosas, parecidas a la N° 10, las que por revoluciones orogénicas ya mencionadas han sufrido una destrucción completa y transformación posterior por recristalización de las masas trituradas, que se presentan actualmente como mármol con residuos de la fragmentación sufrida. Los granos de calcita carecen de orientación ordenada. En las partes oscuras se notan mayores cantidades de polvo carbonoso en contraposición a las fajas claras. Pocas hojitas de moscovita, además partículas de cuarzo con ottrelita.

11a) Caliza esquistosa milonítica quebrada y plegada, color negro.

12) Pizarra caliza

Color negro. Cubitos de pirita. Capas oscuras alternantes con capas blancas de pizarra calcárea cristalina. Las últimas producen, vistas desde lejos, la impresión de estratificación horizontal ya mencionada (véase foto N° 2a).

Investigación microscópica:

En las capas negras se observa textura paralela. La pigmentación por el polvo grafitoide de diferente intensidad en las distintas fajas, causa el fenómeno de textura fajeada imprecisa. Por las calcitas paralelamente alargadas se constituye además la textura paralela, pronunciada por hojitas de moscovita situadas en la misma dirección. Pocos granos de zoisita.

En las capas claras se manifiesta textura paralela de granos medianos de calcita poco alargados. Zonas nebulosas de pigmentación débil por el polvo carbonoso. Pocos granos de cuarzo de extinción ondulante, alargados en dirección de la textura paralela.

13) Pizarras calizas negras

Parecidas a las del N° 12, fuertemente onduladas.

Las pizarras calizas de los Nos. 12 y 13 constituyen las paredes casi verticales del lado occidental del Cerro Hermoso.

14) Caliza metamórfica negra

Se encuentra en la parte cimera del cerro. Disyunción en bancos gruesos. Capas serpenteadas de color gris claro atraviesan las masas, aparentemente uniformes y macizas, indicando el efecto del movimiento orogénico.

Al Oeste de la ensillada de Toldofilo afloran esquistos micáceos de diferente tipo. Entrando en la cuenca hidrográfica del río Verde por la Puerta (véase croquis N° 1) observamos una zona de granitos presionados que denominé tipo Puerta. Son muy parecidos a los granitos y dioritas presionados del macizo descubierto por el corte del valle Pastaza entre el río Verde y la hacienda de San Francisco. Por su afloramiento típico cerca del sitio Azafrán, recibió el nombre de granito de Azafrán.

De las investigaciones se deduce que la serie de pizarras calizas del Cerro Hermoso pertenece al gran grupo general de las pizarras cristalinas de la Cordillera Oriental. No son idénticas con las calizas del tipo Napo que afloran en la unión del río Topo con el río Pastaza. Representan rocas metamórficas fuertemente transformadas y movidas por la acción orogénica de plegamiento y traslación. Por lo pronto, su edad geológica exacta no puede ser determinada con suficiente certeza.

Como se indica en el perfil N° 3 las pizarras calizas buzan hacia el Este, aproximadamente de 20 a 25 grados y descansan discordantemente sobre las pizarras cristalinas del zócalo de mucho mayor buzamiento (45 a 60°) hacia el Este.

Más adelante trataré de interpretar todo el conjunto de mis observaciones geológicas y tectónicas.

II^b – Perfil geológico a lo largo del río Pastaza entre la hacienda de San Francisco y el Cerro Abitagua.

Para completar las observaciones anteriores, por comparaciones entre las condiciones geológicas del Cerro Hermoso y las de las regiones vecinas, fue necesario hacer unas investigaciones adicionales especialmente entre el río Verde y el río Zuñac. Desde las Juntas, la unión de los ríos Chambo y Patate se extiende a lo largo del río Pastaza, una serie de filitas, pizarras cloríticas y talcosas y de cuarcitas.

Durante el proceso de levantamiento de los Andes, el núcleo de la Cordillera Oriental se alzó en mayor grado que sus bordes, rompiendo la corteza terrestre a lo largo de fallas rupturales de dirección longitudinal N-S. Sobre una de ellas se abrió el volcán Tungurahua. Por el levantamiento desigual en escalones afloran, río abajo, las rocas de metamorfismo más intenso. Bajando el valle aparecen los tipos variadísimos de esta clase de rocas uno tras otro: micaesquistos, gneises albíticos, cuarcitas; cerca del río Blanco: actinolitas, mármoles, pizarras grafíticas, gneises albíticos, gneises conglomeráticos y nuevamente cuarcitas; luego pizarras migmatíticas, gneises albíticos y micaesquistos. La dirección de estas pizarras y gneises es predominantemente N-S, con desviaciones locales hacia NE y NO. Buzan regularmente hacia el Oeste con 70 a 80°.

Los micaesquistos últimamente mencionados se encuentran en contacto con granitos y dioritas presionados. Han producido en los micaesquistos fenómenos de contacto termo-químico bien marcados, los que pueden ser observados como halos de contacto de la apófisis aplítica del macizo granítico. Consiguientemente los plutonitos presionados son más jóvenes que las pizarras cristalinas.

La zona de granitos de Azafrán tiene su límite abrupto por la falla que margina el lado occidental de la depresión Margajitas-Topo, cuya sección transversal se extiende desde la hacienda de San Francisco hasta el pie del Cerro Abitagua (véase croquis N° 1 y perfil c del plano N° 5). Por los geólogos de la Shell Co. la depresión ha recibido la denominación de Topo-Quijos. En esta depresión se han hundido, desde niveles más altos, las pizarras arcillosas apenas metamorfizadas de colores oscuros a negros. Se llaman Formación de Margajitas por el nombre del río que pasa por allá. Ocupan el área entre el río San Francisco y el río Negro. En la cercanía de la hacienda San Francisco muestran direcciones variables de N50°O a N20°E y buzamientos de 35 a 65° hacia el O, trastornos tectónicos causados por la vecindad de la falla arriba mencionada. Su dirección regular es N20°O y el buzamiento de 35 a 65° hacia el Oeste. Su edad geológica estimé como paleozoica. H. J. Tschopp las ha atribuido al Precarbonífero, porque se asemejan mucho a una serie de estratos plegados de esta edad de la Cordillera de Cutucú en el Oriente, serie de nombre de Formación de Pumbuiza, la que por su parte soporta capas del Carbonífero superior con fósiles claramente reconocibles. La Formación de Pumbuiza ha experimentado dislocaciones fuertes.

Entre la hacienda Victoria, debajo de la de San Francisco, y el río Negro afloran arcillas pizarrosas de color más claro y aún menos metamorfizadas que las pizarras de Margajitas. Desde el río Negro hasta el pie del Cerro Abitagua se descubre una franja de sólo dos kilómetros de ancho de paquetes sedimentarios hundidos de E a O en forma de escalones, descendiendo cada vez a mayores profundidades. El escalón resbalado por una falla casi vertical, inmediatamente sobre el granito del Cerro Abitagua, está compuesto por arenisca cretácica de Hollín metamorfizada, el escalón siguiente se constituye de caliza de Napo (rumbo N15°E, buzamiento 50° O), habiéndose deslizado sobre el anterior, y más al O se encuentran los Red Beds de Tena en posición empinada con buzamiento fuerte hacia el Este. Estos tres escalones representan las partes más hundidas de la depresión Margajitas-Topo. H. J. Tschopp los califica como formadores de la parte sinclinal de un pliegue agudo pellizcado entre el Cerro Abitagua y las pizarras de Margajitas, cuyo lado occidental haya desaparecido por ser aplastado. Contrariamente a la arenisca de Hollín, la caliza de Napo no está metamorfizada o, en parte, sólo en pequeño grado, a pesar de que no dista mucho del granito. Fácilmente esta contrariedad puede ser aclarada por la existencia de la falla entre los dos escalones, la que hizo descender la caliza no metamorfizada, originalmente situada a mayor distancia, poniéndola inmediatamente al lado de la arenisca de Hollín fuertemente transformada y poco distante del granito mismo. Estos fenómenos tectónicos evidencian que la edad del granito de Abitagua es post-Napo, es decir post-Albiense. Como el granito no muestra efectos de presión, quiere decir, que él ocupó su lugar después de las fases orogénicas principales del plegamiento andino terciario. Su edad puede ser considerada neoterciaria en contraposición a la del granito presionado de Azafrán de la serie cristalina, al lado occidental de la depresión.

La edad del granito de Azafrán debe ser atribuida a una época precedente del Cretácico superior, porque ha sufrido las presiones de la orogénesis andina. Por otra parte, este granito produjo fenómenos de contacto en las pizarras cristalinas y, además, incluye fragmentos de pizarra de Margajitas, lo que comprueba su edad menor que la de estas pizarras o sea menor que el Precarbonífero.

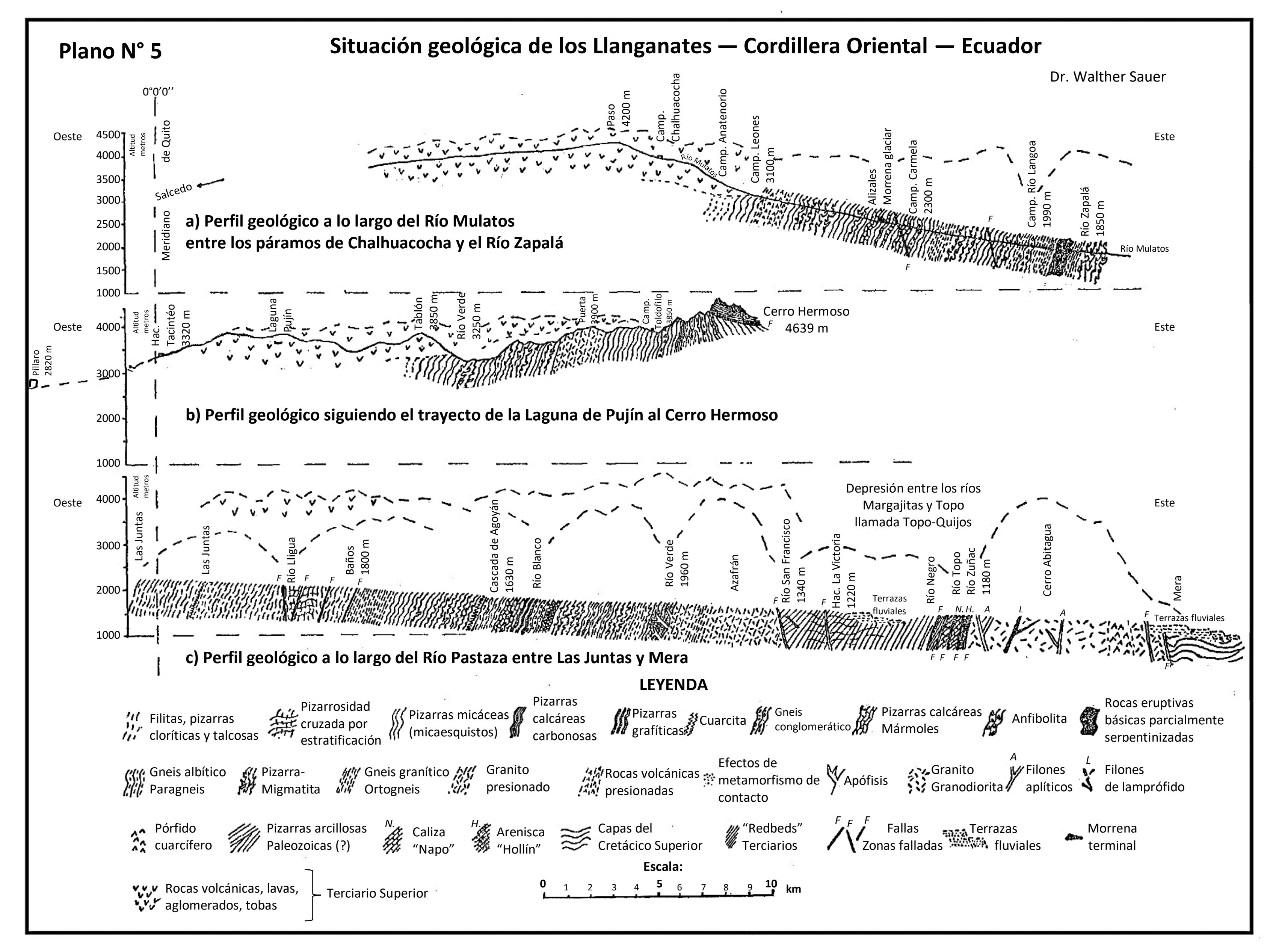


Figura 4. Plano N° 5. Situación geológica de los Llanganates

Estimo la depresión de Topo-Quijos o, refiriéndonos a nuestra zona, de Margajitas-Topo como hundimiento relativo ocasionado durante el Pleistoceno, cuando las cordilleras se levantaron en variada escala, rompiéndose en fracciones longitudinales, procesos que causaron también el hundimiento relativo de la zona interandina. Bajo el nombre de Topo-Quijos, nuestra depresión se prolonga hacia el Norte a lo largo de los macizos granodioríticos-porfiríticos de Abitagua, Sacha-Llanganati, Guacamayo, Huacra-urcu y Cerro Pax, los que forman el borde oriental de la depresión cuyo ancho es de 10 kilómetros por término medio. Luciano Andrade Marín había distinguido la misma depresión entre los Llanganates y la Cordillera Sacha-Llanganati, nombre que dio a la prolongación septentrional del Cerro Abitagua. Los exploradores italianos, Rei y Boschetti, compañeros de L. A. Marín han atravesado la depresión hasta el pie de la Cordillera Sacha-Llanganati descubriendo el río Boschetti que desagua la depresión hacia el Norte y se une finalmente con el río Mulatos (véase croquis N° 1).

II^{c} – Perfil geológico a lo largo del río Mulatos

A partir de Salcedo la carretera oriental avanza hacia la cresta de la Cordillera Oriental. Sigue primero el Valle del río Guapante hasta la altura del paso, luego baja hacia la laguna Chalua-cocha y alcanza el curso superior del río Mulatos, después de haber pasado los campamentos de Ana Tenorio y de Leones (véase croquis N° 1).

Allí el área cubierta de material volcánico se extiende muy lejos hacia el Este, como se puede desprender del croquis N° 1 y del perfil geológico "a" del plano N° 5. Cerca del campamento Leones afloran porfiritas presionadas que pertenecen ya a la zona de las pizarras cristalinas.

Morfológicamente el paisaje está caracterizado en la región alta alrededor de la laguna Chalua-cocha, por las formas redondeadas de cerros y valles, habiendo resultado de la acción erosiva de los glaciares pleistocénicos. Desde su principio el valle del río Mulatos pone de manifiesto la típica forma ancha de corte transversal de letra U. Río abajo, en el sitio del codo, donde cambia su dirección de SE a NE, siguiendo a una línea de fallas del mismo rumbo, termina su forma amplia por una morrena glaciar amontonada a través del fondo del valle. El río corta las masas morrénicas y su valle se estrecha y profundiza escarpadamente por mera erosión fluvial. Las pizarras migmatíticas están reemplazadas por mármoles impuros de color gris oscuro cerca del campamento Carmela (véase perfil "a" del plano N° 5). Luego el macizo, constituido de pizarras migmatíticas y de granitos presionados, obliga al río a cortar un cañón estrecho a través de las rocas resistentes utilizando las resquebraduras de las fallas. En la composición del subsuelo siguen alternando micaesquistos y pizarras inyectadas con migmatitos hasta la unión del río Langoa con el río Mulatos. El primero proviene de un valle longitudinal de dirección N-S, al que ambos siguen un trecho de 300 metros para romper nuevamente las pizarras en dirección transversal hacia el Este.

La cueva del campamento Langoa se ha formado debajo de una falla de superposición de rumbo NNE y buzamiento de 25° hacia SSE. Entre los granitos gnéisicos predominantes se intercalan ofiolitos presionados y metabasitos, más o menos serpentinizados de contenido interesante de níquel, que en algunos puntos asciende hasta 0.5 o 1.2% de la roca ultrabásica. Hasta la desembocadura del río Zapalá afloran pizarras migmatíticas, mármoles impuros y micaesquisto oligístico. Granitos gnéisicos dan origen a otras cataratas en el río. Ofiolitos serpentinizados afloran entre migmatitos y gneises pizarrosos. El río Zapalá ha arrastrado, hacia su unión con el río Mulatos, gran número de bloques de metabasitos y ofiolitos igualmente serpentinizados.

A pesar de que este sitio se encuentra a 15 kilómetros al Este del meridiano del río San Francisco (véanse los perfiles “a” y “c” del plano N° 5) todavía la depresión de Topo-Quijos no ha aparecido, porque al Norte del río Pastaza, se desvía algo hacia el Este y forma una curva reproducida en el croquis N° 1.

III – Tectónica e historia geológica

Desde el primer momento el Cerro Hermoso ofrece un aspecto extraordinario. Extraña el contraste entre la parte superior negra de sus cúspides verticalmente escarpadas y el zócalo de color claro modelado por líneas horizontales suavemente onduladas. En mayor escala aún, las particularidades del zócalo difieren no sólo de las del propio Cerro Hermoso, sino también de las de la constitución tectónica generalmente observada en la Cordillera Oriental.

Desde el Oeste hasta la altura señalada por 4250m (véase perfil N° 3) al pie de las murallas calizas empinadas encontramos el buzamiento regular de las pizarras y gneises, de 70 a 80° hacia el Oeste. Debajo de la altura mencionada, se manifiesta de repente una zona de fragmentación y repliegues de los gneises, a los que se adosan con buzamiento oriental, es decir, opuesto al anterior normal, los gneises y pizarras cristalinas. Debajo del Cerro Hermoso mismo, el anormal buzamiento oriental disminuye desde 70° a 60 y 55°. Sin embargo, el paquete enorme de las calizas pizarrosas poco inclinadas del cerro descansa discordantemente sobre las pizarras cristalinas del zócalo de buzamiento mucho más fuerte. También hemos visto (véase N° 10 del perfil N° 3) que las pizarras calizas negras de la parte inferior del paquete forman inmediatamente el contacto discordante contra las pizarras empinadas oblicuamente cortadas del zócalo, y muestran estructuras y texturas microscópicas muy especiales de movimiento y revolvimiento. Macroscópicamente están onduladas, plegadas y parcialmente quebradas como los mármoles y calizas esquistosas de los Nos. 11 y 11a. Todos estos fenómenos afirman, como ya mencioné en la ocasión de las investigaciones microscópicas del capítulo IIª, el acontecimiento tectónico de la traslación del paquete de calizas negras resbalando por encima de su base a lo largo del plano de movimiento, representado por las calizas N° 10, para llegar a su posición actual sobre el zócalo.

Hay otro fenómeno que salta a la vista: la parte occidental del zócalo cristalino está fraccionada formando un innúmero de bancos más o menos horizontales entre sí paralelos y distantes de 0.5 a 1.0 metros separados por fallas planas que cruzan transversalmente las pizarras empinadas, como se puede observar en la loma 4175m (véase perfil N° 3). También en la parte septentrional del zócalo las pizarras muestran el mismo fenómeno.

El fraccionamiento horizontal arriba descrito tuvo lugar después del plegamiento de la cordillera porque afectó las pizarras definitivamente metamorfizadas a causa de las presiones orogénicas del plegamiento.

En relación a las condiciones geológicas del río Pastaza y del río Mulatos, la tectónica del Cerro Hermoso y de su zócalo puede ser interpretada como sigue:

Existen dos circunstancias de importancia decisiva que permiten explicar el origen de las estructuras tectónicas presentadas al observador en la actualidad, y que prestan ayuda a la tentativa de determinar la edad geológica de las diferentes fases orogénicas.

1) El fraccionamiento horizontal secundario de las rocas cristalinas del zócalo del Cerro Hermoso, fue originado, evidentemente, por el empuje orogénico horizontal que ha volcado los esquistos de la parte oriental del zócalo cambiando la original vergencia occidental de ellos en vergencia oriental opuesta, y produciendo el resquebrajamiento de los gneises 3a del perfil N° 3 debajo de la altura 4250m. Las pizarras y gneises siguientes hacia el Oeste no han reaccionado más al empuje por volcamiento y cambio de vergencia sino por fraccionarse en capas horizontales entre si paralelas y poco distantes resbalando una sobre otra hacia el Oeste y produciendo entre sí grietas llenas de material pétreo finamente molido por la fricción. Estas bancadas pseudoparalelas rompen las pizarras de posición casi vertical. De estos fenómenos singulares se puede deducir que se ha realizado la superposición del Cerro Hermoso sobre su zócalo por traslación desde el Este o por un movimiento de infraposición desde el Oeste; porque hay que considerar las direcciones de los movimientos como relativas.

2) Las pizarras negras poco metamorfizadas de Margajitas (véase el perfil "c" del plano N° 5) corresponden a la formación de Pumbuiza de la Cordillera Cutucú, formación que pertenece al Precarbonífero fuertemente dislocado y cubierto del Carbonífero superior aparentemente menos perturbado. La discordancia entre ambas formaciones no está comprobada con seguridad. Aparentemente se manifiestan allí dos períodos orogénicos: primero, el que afecto sólo la formación precarbonífera de Pumbuiza correspondiente a una fase varística (neopaleozoica) y segundo, el posterior mesozoico-terciario.

Para penetrar más en la historia geológica de la Cordillera Oriental tenemos que referirnos a las investigaciones geológicas realizadas en el Perú por el geólogo alemán Gustav Steinmann. Allá se observan discordancias muy pronunciadas entre las formaciones paleozoicas y las pizarras cristalinas. Las capas devónicas y carboníferas plegadas están superpuestas en discordancia fuerte sobre las filitas, micaesquistos y gneises de posición empinada; a veces los estratos paleozoicos se encuentran pellizcados entre las pizarras cristalinas. Consiguientemente ha existido ya una cordillera plegada predevónica cuya orogénesis debe ser considerada como caledónica (taconic orogeny) o por su parte ya como algonkiense. G. Steinmann la denomina orogénesis de Marañón.

Las condiciones tectónicas de la Cordillera Oriental ecuatoriana han de ser iguales, aunque, hasta ahora, no se haya observado la superposición directa autóctona de las capas paleozoicas sobre las pizarras cristalinas.

Echemos un vistazo a la Cordillera Occidental. En sus crestas encontramos las capas empinadas (buzamiento occidental) de conglomerados y areniscas presentadas como formación sedimentaria más moderna, la que durante el Senoniense superior (Maestrichtiense) ha sido depositada en estratos horizontales. Son los cantos rodados, guijarros y arenas que arrastrados por la erosión y denudación de una cordillera preexistente, es decir, de la Cordillera Oriental estructurada ya en aquellos tiempos, fueron transportados al océano cretácico, que bañó inmediatamente el pie occidental de la vieja Cordillera Oriental. Por tanto, antes del plegamiento de la joven Cordillera Occidental, al fin del Cretácico y durante el Terciario, existía ya la Cordillera Oriental, cuyo origen se atribuye a las orogénesis anteriores, probablemente a la caledónica y talvez ya a la algonkiana. Ha experimentado los efectos de todas las siguientes fases orogénicas por lo que se explica la formación de las pizarras cristalinas y granitos presionados y gnéisicos.

En el valle del río Pastaza (perfil “c” del plano N° 5) he averiguado, que el granito presionado de Azafrán forma contacto con micaesquistos a través de las que emite apófisis aplíticas, que han causado efectos bien perceptibles de metamorfismo de contacto. El granito y las aplitas son fuertemente cataclásticas por presión y muestran pizarrosidad naciente. Además, el geólogo A. Wurm localizó en el granito fragmentos de las pizarras de Margajitas, situadas inmediatamente al Este, cuya edad hemos considerado como precedente al Carbonífero superior. Por esta razón el granito presionado es no sólo más joven que las pizarras cristalinas sino también que la formación de Margajitas, es decir, puede tener edad neopaleozoica, porque la hemos equiparado, según H. J. Tschopp, con la formación de Pumbuiza precarbonífera. De este modo es posible deducir que el granito tomó su lugar al fin de la orogénesis varística y fue presionado por las orogénesis siguientes especialmente por las muy eficaces neocretácica y terciaria (Nevadian y Laramide orogenies), cuando la Cordillera Occidental fue plegada y comprimida contra la Oriental. Hacia el fin de las fases orogénicas eoceno-miocénicas se efectuó la intrusión del granito de Abitagua, el cual carece de fenómenos de presión.

Hasta el fin del Terciario ambas cordilleras habían sido denudadas y aplanadas considerablemente. Los productos de erosión se habían amontonado y depositado en ambos lados de las cordilleras formando sedimentos potentes de material clástico.

En el geosinclinal descendiente del mar terciario, al pie de la Cordillera Occidental, se acumularon sedimentos marinos de potencia de miles de metros, que contienen horizontes de petróleo. Los conocemos ahora como las formaciones terciarias del Litoral.

En cambio, los productos de la denudación de la Cordillera Oriental han suministrado los materiales clásticos de los Red Beds de la formación llamada Oriente en la zona subandina oriental. Son sedimentos preferentemente terrestres-fluviales y de agua salobre.

En los últimos tiempos del Plioceno se inicia el levantamiento de los Andes, el que deja hundirse relativamente, la zona interandina entre las Cordilleras Occidental y Oriental. Igualmente se hundió la depresión Topo-Quijos cuya parte situada entre los granitos de Azafrán y Abitagua hemos conocido.

IV – Resumen

Cerro Hermoso:

Las pizarras calizas metamórficas de color negro que constituyen la mole del Cerro Hermoso propiamente dicho, pertenecen a la formación antigua de las pizarras cristalinas, componentes esenciales de la Cordillera Oriental. No pueden ser equiparadas a la caliza de Napo que aflora cerca del río Topo.

El zócalo del cerro está integrado por micaesquistos y gneises de posición empinada. Durante las orogénesis eficaces cretácicas y terciarias (Nevadian y Laramide orogenies) el empuje orogénico proveniente relativamente desde el Este ha volcado la parte oriental de las pizarras cristalinas del zócalo, cambiando su original buzamiento occidental en buzamiento oriental. Las empinadas pizarras y gneises de la parte occidental del zócalo no reaccionaron más al empuje por volcamiento sino por fraccionarse en bancos horizontales separados entre sí por los planos paralelos que cruzan transversalmente las pizarras casi verticales.

Por el mismo empuje orogénico el paquete de pizarras calizas negras del propio Cerro Hermoso ha sido trasladado sobre el zócalo deslizando por encima de los micaesquistos y gneises del zócalo, decapitados transversalmente por el plano de movimiento trasladador. Las pizarras calizas negras descansan, de este modo, discordantemente sobre los micaesquistos y gneises subyacentes.

Edad geológica de las Cordilleras:

La Cordillera Occidental plegada durante la orogénesis cretácica-terciaria iniciada al fin del Cretáceo y continuando hasta el Mioceno, es más joven que la Cordillera Oriental en cuanto a su composición petrográfica y a su estructura tectónica. El origen de la Oriental remonta a la orogénesis caledónica (Taconic orogeny) y talvez a una anterior.

Los granitos presionados de Azafrán y de la Puerta han tomado sus lugares en la Cordillera Oriental al fin de la orogénesis varística (Apalachian orogeny) como intrusiones post-orogénicas. Han experimentado las presiones orogénicas de los períodos posteriores. El granito de Abitagua del borde oriental de la depresión Topo-Quijos, no muestra huellas de compresión; su edad geológica debe ser considerada como neoterciaria.

V – Literatura

ANDRADE MARÍN LUCIANO (1936) Viaje a las misteriosas montañas de Llanganati, Imprenta Mercantil, Quito.

REISS WILHELM (1921) Reisebriefe aus Südamerika, 1868-1876. Duncker und Humblot, München und Leipzig.

SAUER WALTER (1943) El Mapa Geológico de Quito 1:25000. Servicio Geográfico Militar, Quito.

SAUER WALTER (1943) Memoria Explicativa del Mapa Geológico de Quito. Imprenta Universidad Central, Quito.

SAUER WALTER (1950) Contribuciones para el conocimiento del Cuaternario en el Ecuador. Imprenta Universidad Central, Quito.

SAUER WALTER (1950) Mapa Geológico del Ecuador 1:1500000. Orell Füssli, Zürich.

SAUER WALTER (1957) El Mapa Geológico del Ecuador. Texto explicativo. Edición e Imprenta de la Universidad Central, Quito.

STEINMANN GUSTAV (1929) Geologie von Perú, Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

THALMANN H. E. (1946) Micropaleontology of Upper Cretaceous and Paleocene in Western Ecuador. Bull. of the American Ass. of Petroleum Geologists. Vol. 30, N° 3.

TSCHOPP H. J. (1948) Geologische Skizze von Ecuador. Bull. der ver. Schweiz. Petroleumgeologen und-Ingenieure. Vol. 15, N° 48.

WURM A. (1940) Zur Geologie von Ecuador. Neues Jahrb. Min. Beil. Bd. 83, Abt. B.

[Boletín de Informaciones Científicas Nacionales, N° 90,
Casa de la Cultura Ecuatoriana, 1959, pp. 274-291]

ALEJANDRO DE HUMBOLDT
EN
EL ECUADOR

por

Dr. WALTHER SAUER

Referencia bibliográfica

SAUER WALTHER (1959) Alejandro de Humboldt en el Ecuador. En: Paucar Stalyn (2022) Compilación de las publicaciones del Dr. Walther Sauer en el Boletín de Informaciones Científicas Nacionales-CCE, Ecuador. Quito, pp. 51-64.

Conferencia en Frankfurt a. M.

Tenemos el gusto de publicar la conferencia del Dr. W. Sauer, geólogo alemán que ha profesado durante muchos años en la Universidad Central de Quito y en nuestra Escuela Politécnica y que actualmente prepara en Alemania la publicación de un tratado de Geología Ecuatoriana. El Profesor Sauer nos ha hecho la distinción de enviarnos una versión castellana de su pieza oratoria, la misma que ahora honra nuestras páginas. Vayan aquí nuestros agradecimientos.

J. A.

Conferencia dada el 6 de mayo de 1959 en la solemne sesión conmemorativa que tuvo lugar en el Paraninfo de la Universidad Johann Wolfgang Goethe, de Frankfurt, Alemania. Versión castellana de José Ignacio Burbano.

La voluminosa obra de Humboldt: "Viajes a las regiones equinocciales en el Nuevo Continente" guarda la cosecha de las investigaciones científicas realizadas por el famoso naturalista desde el mes de julio de 1799 hasta fines del año 1800 en las zonas tropicales de Venezuela y Guayana, especialmente en la cuenca hidrográfica de los ríos Orinoco y Casiquiare, con la colaboración de su fiel amigo el botánico francés Aimé Bonpland.

Su propósito inicial fue unirse con el capitán Baudin para concluir en su compañía su viaje alrededor del mundo. Con este fin salió para Cuba y permaneció unos meses allí esperándolo. Cuando llegó la noticia de que Baudin arribaría pronto a la costa occidental de América del Sur, Humboldt se apresuró a embarcarse en un pequeño navío de apenas veinte toneladas, a fin de llegar oportunamente a Panamá. El mal tiempo impidió la realización de tal propósito: después de una aventurada travesía en la minúscula embarcación, Humboldt tuvo que tomar tierra en Cartagena. Frustrada así su esperanza de concluir la vuelta al mundo, cambió definitivamente sus planes en favor de otra importantísima empresa que luego había de rendirle en beneficio un nuevo caudal de conocimientos científicos. Las grandiosas cordilleras de los Andes le abrieron la perspectiva de avanzar en el camino de la solución de múltiples problemas físico-climatológicos, geológicos y especialmente vulcanológicos. Decidió, pues, viajar por tierra a Santa Fe de Bogotá, y desde allí a Quito y a Lima. Humboldt, en una carta al Director del Museo de Ciencias Naturales de Madrid don José Clavijo, escribía: "*El deseo de ver al célebre Mutis nos ha hecho preferir la horrible ruta por tierra a la de Panamá y Guayaquil*".

Conocemos los acontecimientos de este viaje por su autobiografía y sus cartas y en primer lugar por las obras: “Escritos menores” (Kleine Schriften), “Aspectos de la Naturaleza” (Ansichten der Natur) y “Aspectos pintorescos de las cordilleras” (Pittoreske Ansichten der Cordilleren).

Los “Escritos menores” fueron editados muy tarde, en 1850. Felizmente se remontan en su mayor parte a los diarios y ofrecen por otor lado, una compilación de trabajos anteriormente publicados en revistas y otras obras poco accesibles, dejando a un lado investigaciones de resultados ya anticuados y superados por teorías posteriores, que, como en el caso de la curiosa teoría del levantamiento mecánico de los volcanes, han significado más bien un retroceso en la ciencia geológica.

Las convicciones geognósticas adquiridas originalmente por Humboldt gracias a sus perspicaces observaciones y deducciones hasta ahora no han perdido su valor, a pesar de que sus “Reminiscencias geognósticas de las cordilleras sudamericanas” fueron publicadas en los “Escritos menores”, cincuenta años después del viaje de exploración, porque reproducen literalmente sus observaciones en concordancia con las anotaciones de los diarios.

Dos meses permaneció Humboldt en Bogotá, donde encontró al famoso botánico Mutis, gran discípulo y amigo de Linneo. Realizada una serie de investigaciones en los alrededores de la ciudad, Humboldt salió a principios de septiembre de 1801 para el sur, hacia los Andes volcánicos del Ecuador que habían de ser objeto de una exploración científica detenida.

Su espíritu, incansablemente dedicado a la investigación, le había inducido a rehusar la cómoda ruta marítima, no sólo por conocer a Mutis, sino por no perder la oportunidad de hacer los nuevos descubrimientos científicos que le ofrecía la vía terrestre. Aparentemente, influyeron también en esta decisión su gusto por lo extraordinario y el deseo de poner a prueba su fuerza física juvenil. Contaba en aquel tiempo sólo 31 años.

A pesar de que ya había comenzado el periodo lluvioso, no tardó en atravesar la cordillera central entre Ibagué y Cartago por la ruta de las fragosas montañas de Quindío, afamada por las inmensas fatigas que entonces causaban sus selvas impenetrables. La expedición estaba compuesta de un número de mestizos e indios conocedores del camino, además de 12 bueyes cargados de instrumentos, colecciones y provisiones. Los bueyes eran los únicos animales capaces de pasar los lodazales en que las lluvias continuas convertían las trochas de otro modo intransitable de la selva. Humboldt prefirió ir a pie, para no ser estorbado en su actividad de observar y coleccionar. Le repugnaba viajar cargado a la espalda de un indio, mirando hacia atrás, como era costumbre de los viajeros que transitaban por esas regiones desiertas. Después de pocos días sus botas empapadas quedaron completamente hechas pedazos. Humboldt siguió la marcha descalzo como los indios, andando cuesta arriba y cuesta abajo, vadeando ríos y chapoteando lodazales, hundiéndose hasta las rodillas en los camellones llenos de lodo de los angostos senderos, y así, desafiando las lluvias casi incesantes y a pesar de tantas fatigas pudo recoger una abundante colección de especies botánicas útiles y raras.

Habiendo entrado ya al ancho valle que se extiende longitudinalmente entre las cordilleras Central y Occidental, los viajeros pudieron seguir más cómodamente a caballo su camino por Popayán y Pasto hacia el sur.

Felizmente mi estimado amigo, el meritísimo historiador y etnólogo don Carlos Manuel Larrea, me ha proporcionado unos preciosos testimonios contemporáneos que dan extraordinaria vida a los relatos ya conocidos acerca de la estadía de Humboldt en Quito y en el Ecuador.



Figura 1. El Cayambe sobre el que pasa la línea equinoccial

El mes de diciembre de 1801 Humboldt con Bonpland puso pie en el territorio ecuatoriano. En Ibarra le salió al encuentro el sabio granadino don Francisco José de Caldas. Con él llegó a Quito en los primeros días de enero de 1802. Se sabe por tradición que éste fue un acontecimiento que conmovió a toda la sociedad. Dice Caldas, en una carta al egregio botánico don José Celestino Mutis, que visitas importunas venían a interrumpir las conversaciones en las que el joven alemán derramaba raudales de conocimiento sobre todas las ciencias. Es que la sociedad toda de Quito quería conocer al sabio naturalista y las familias se disputaban por agasajarle y atenderle.

Se alojó en casa de unos antepasados del señor Carlos Manuel Larrea: los Montúfar y Larrea, una de las familias más pudientes en esa época.

Allí contrajo íntima amistad con don Carlos Montúfar, hijo del Marqués de Selva Alegre. En su casa y en su hacienda de Chillo, Humboldt y Bonpland fueron tratados espléndidamente y hasta se les distrajo con representaciones dramáticas de una compañía de teatro que el Marqués organizó para su recreo.

Humboldt escribe a su hermano: "*El Marqués de Selva Alegre ha tenido la bondad de instalarnos en una casa excelente, donde después de las fatigas soportadas en nuestro viaje, encontramos todas las comodidades que sólo en París o Londres se podrían exigir*".

El severo y taciturno sabio Caldas se quejó en una carta dirigida a Mutis, criticando esta vida social, que le pareció demasiado intensa: *"…El aire de Quito está envenenado: no se respira sino placeres: los precipicios, los escollos de la virtud se multiplican y se puede creer que el templo de Venus se ha trasladado de Chipre a esta ciudad…Los trabajos matemáticos se entibian*".

En un hermoso artículo dedicado al Barón Federico Enrique Alejandro, el ilustre polígrafo ecuatoriano fray Vicente Solano escribe así:

"*Decía Fontenelle, hablando de Leibniz, que era un hombre que llevaba delante todas las ciencias. Se puede aplicar este dicho a Humboldt, con mucha razón…Humboldt a los veinte y ocho años de edad era un sabio completo…Las ciencias le deben mucho, y principalmente su viaje a América le transmitirá a la posteridad…Particularmente la botánica fue enriquecida por él, de suerte que hizo conocer a Europa más de cinco mil especies y géneros, incógnitos antes de su viaje…Si como sabio es apreciable, lo es también como viajero. ¡Con qué moderación no habla de los usos y costumbres de los americanos! Muy diferente en esto de otros viajeros…En Humboldt todo se reduce a la ciencia…Los americanos jamás deben olvidarse de Humboldt: los escritos de este sabio les han hecho conocer el país en que viven…Merece una estatua en América*".

En los escritos de Mutis se leen iguales frases de elogio, no sólo a la ciencia del joven Barón sino a su espíritu ecuánime y justiciero. Hay una muy interesante carta de Humboldt a don Sebastián López Ruiz, en la que reconoce a Mutis como el descubridor de la quina en el Nuevo Reino de Granada; pues se creía que sólo existía esa planta en el Ecuador.

Dice González Suárez que "*Mutis obsequió a Humboldt más de cien láminas grandes de las mejores de su flora, las que fueron remitidas por el ilustre viajero al Instituto Nacional de Ciencias de París*". Estas láminas fueron pintadas por el grupo de artistas ecuatorianos mandados desde Quito para colaborar en la célebre expedición botánica. Humboldt apreció grandemente este obsequio e hizo extraordinarios elogios de la habilidad de los artistas-pintores quiteños.

En muchos lugares de sus obras Humboldt dedica palabras de muy alta estima a la memoria de don Francisco José de Caldas y de don Carlos Montúfar, quienes terminaron sacrificando sus vidas en la noble lucha por la independencia de su patria.

Humboldt, conocedor del mundo, quedó sorprendido por la grandeza de los tesoros de arte, que se le presentaron en la arquitectura de los templos y en las obras de pintores y escultores afamados en toda la América latina. Más le impresionó al naturalista experto la belleza extraordinaria del paisaje de Quito. En su sentir "*la provincia de Quito es una de las regiones más admirables, preciosas y pintorescas del mundo*".

Disponiendo en Quito de una cómoda base de operaciones, Humboldt efectúa muchas excursiones a los volcanes del norte del país, preferentemente al Pichincha y al Antisana. En la organización de estas empresas fue efectivamente ayudado por el noble Carlos Montúfar, quien también acompañó a Humboldt en sus posteriores viajes a Lima, México y Europa.

La descripción de estas ascensiones la encontramos en sus "Escritos menores" y con menor prolijidad en los "Aspectos de la naturaleza" y "Aspectos pintorescos de las cordilleras". El interés de Humboldt se halla cautivado en primer término por los problemas vulcanológicos y mineralógicos, aparte, naturalmente, de los que ofrecen los fenómenos relacionados con la influencia de las diferentes altitudes en la vegetación y en las condiciones físicas de la atmósfera, además de su acción fisiológica sobre el hombre.

No obstante, su alto criterio y espíritu de observación extraordinario, Humboldt no puede substraerse por entero a la sugestión que ejerce la nueva y algo fantástica teoría del levantamiento mecánico de los volcanes, levantamiento en el cual mira la causa de la formación de las profundas quebradas que se abren en los flancos del Pichincha. Esta nueva teoría vulcano-mecánica se había puesto en abierta contradicción con la de los neptunistas que atribuían el origen de todas las formaciones geológicas a la acción del agua. Por eso es comprensible que esta disputa de términos tan extremos diera origen a conceptos que ahora nos parecen extravagantes.

Humboldt considera la hondonada de Cundurguachana (Mulán) como una rajadura enorme producida de pronto por el levantamiento del cerro, sin que sea necesario contar con la acción erosiva del agua. Él anota en su diario: "*La misma fuerza (es decir el levantamiento vulcano-mecánico) que abrió en las faldas del Pichincha el profundo valle de Cundurguachana, ha originado posiblemente el abra de Molinohuaycu (Nayón) y su prolongación hacia la depresión interandina, formando una puerta natural que da al estrecho cañón de Guápulo. Todo el conjunto semeja una grieta volcánica abismal y uno no puede librarse del temor de que, en un país todavía expuesto a grandes revoluciones de la superficie terrestre, un día la grieta se cerrará y sepultará en escombros al pueblo y su linda iglesia*".

Detenidos estudios geológicos y botánicos, mediciones de temperatura y tensión eléctrica de la atmósfera, determinaciones de altitudes, todo ilustrado por dibujos y croquis, rellenan los diarios del incansable explorador, y van completados por sus geniales deliberaciones sintéticas. Además, herboriza con Bonpland y recoge muestras de rocas, aumentando continuamente sus ricas colecciones.

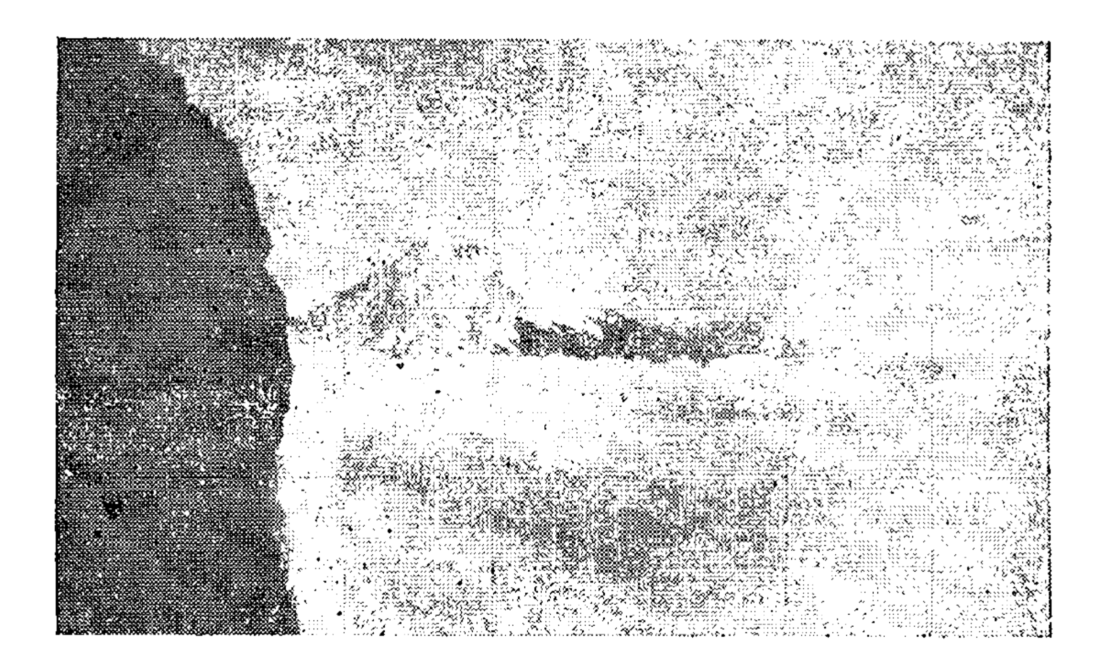


Figura 2. El Cotopaxi

Aquí en los Andes ecuatorianos se le ofrecieron a Humboldt, para el estudio comparativo, de manera única, los numerosos volcanes de diferente forma y estructura, suministrándole importantes conocimientos que le acercaron a la solución de los problemas del volcanismo. La agrupación característica de los volcanes en hileras, como pudo observar por primera vez a lo largo de la depresión interandina le hizo figurarse que la disposición geográfica de los volcanes no depende de la configuración superficial del globo sino de condiciones que rigen a mayores profundidades. Anticipando el concepto moderno, pensaba en la formación de largas grietas de la corteza terrestre que sirvieron de conductores para las masas lávidas fluidas llevadas del interior del globo terrestre a la superficie.

Humboldt escribe así: "*Los problemas que, por largo tiempo, parecieron enigmáticos al geognosta en su tierra nórdica, encuentran su solución en las regiones ecuatoriales. Aunque las zonas lejanas no nos comprueban la existencia de nuevas variedades petrográficas, nos enseñan empero su universalidad y las grandiosas leyes, idénticas en todas partes del mundo, según las cuales los materiales pétreos de la corteza terrestre se sostienen mutuamente, se rompen e intercalan y se levantan impulsados por fuerzas elásticas…Viajes a climas lejanos, comparaciones de extensas áreas serían necesarias para conocer claramente las propiedades comunes de los fenómenos volcánicos en todas las partes de la Tierra*".

Humboldt intenta ponerse críticamente de acuerdo con la nueva teoría del levantamiento vulcano-mecánico de los volcanes, que explica su origen por la formación de abolladuras en la corteza terrestre, hinchadas por la tensión de los gases y masas ígneas en fusión del interior del globo. Según esta teoría los volcanes deben haberse levantado "*en las regiones donde la corteza terrestre cavernosa está minada por fuegos subterráneos".* La "*fuerza elástica de los gases ardientes*" habría empujado la corteza pétrea hacia arriba formando protuberancias cupulares o campaniformes. O el domo volcánico hubiera quedado en su forma original como cúpula de traquita sin cráter, o, por hundimiento ruptural de la parte superior de la cúpula, habría resultado un cráter, constituyendo así una comunicación permanente con el interior del globo, la que sirvió de conductor para el derrame de las lavas líquidas.

A principios del mes de abril de 1802 Humboldt, acompañado de Bonpland y Montúfar, hizo una ascensión al Antisana. Logró penetrar en la región de la nieve perpetua a altitudes considerables. La corriente de lava relativamente muy fresca, denominada Antisanilla, cerca de Pinantura, llamó la atención especial de Humboldt. Se había derramado, a partir del zócalo del gran volcán, unos doscientos años antes de la llegada de Humboldt, rellenando por la extensión de muchos kilómetros el valle glaciar antiguo de Guapal.

Con el ejemplo del Antisanilla, Humboldt añade a su clasificación de los fenómenos volcánicos el caso especial de que la ladera de un cerro traquítico, como el Antisana, se abre repentinamente, derrama una corriente de lava y se cierra de nuevo talvez para siempre. Según su opinión, este fenómeno volcánico se observa raramente, pero puede informar a la Geognosia acerca de los acontecimientos de las revoluciones primitivas del globo terrestre.

A pesar de que la superficie del Antisanilla está cubierta de bloques angulares, Humboldt ha podido aclarar que se trata de una corriente de lava que había descendido en estado líquido viscoso y, sólo durante el proceso de enfriamiento, se había solidificado, rompiéndose superficialmente en fragmentos angulares.

30 años después el sabio francés Boussingault se detiene en el mismo lugar. Pero completamente poseído de la rara teoría del levantamiento vulcano-mecánico de los volcanes rechaza la explicación del origen del Antisanilla dada por Humboldt, y expresa la opinión de que habría ocurrido una erupción de bloques expulsados del interior, en el mismo estado sólido como se presentan, a través de una grieta larga.

La primera ascensión al Pichincha la emprende Humboldt el 14 de abril de 1802, en compañía de Bonpland y un séquito numeroso de gente curiosa. Por falta de un guía perito no fue posible llegar al cráter mismo como era el propósito. Sin embargo, esta excursión sirvió mucho de primera orientación acerca de la topografía y situación de las diversas cumbres y picachos del macizo volcánico.

Antes de repetir la ascensión al Pichincha, Humboldt, a principios del mes de mayo, se dirigió al Cotopaxi. Había tenido la oportunidad de admirar ya desde lejos la forma simétrica del cono volcánico, cubierto de una capa dentada de nieve blanca, cuya magnificencia le había fascinado y que "*al ponerse el sol resplandece con brillo deslumbrador, contrastando con el azur de la bóveda celeste*" como se expresaba Humboldt, al dejar pasar delante de sus ojos el panorama grandioso de los Andes, contemplando los nevados desde la terraza de la hacienda La Ciénaga, propiedad del Marqués de Maenza…"*Se ve – según sus palabras – al mismo tiempo y en proximidad estremecedora, al colosal volcán Cotopaxi, los picos titánicos de los Illinizas y el nevado Quilindaña. Es una de las vistas más majestuosas e imponentes que me han ocurrido en ambos hemisferios*".

Con Bonpland sube a las faldas surorientales del Cotopaxi y llega hasta el límite de la nieve perpetua. Ha observado que la estructura del cono del Cotopaxi no corresponde a la teoría del levantamiento mecánico, sino que desde un principio de lava derramada ha construido el edificio del cono, superponiéndose un manto lávico sobre otro, alternando con capas de ceniza y arena expulsadas por las erupciones explosivas.

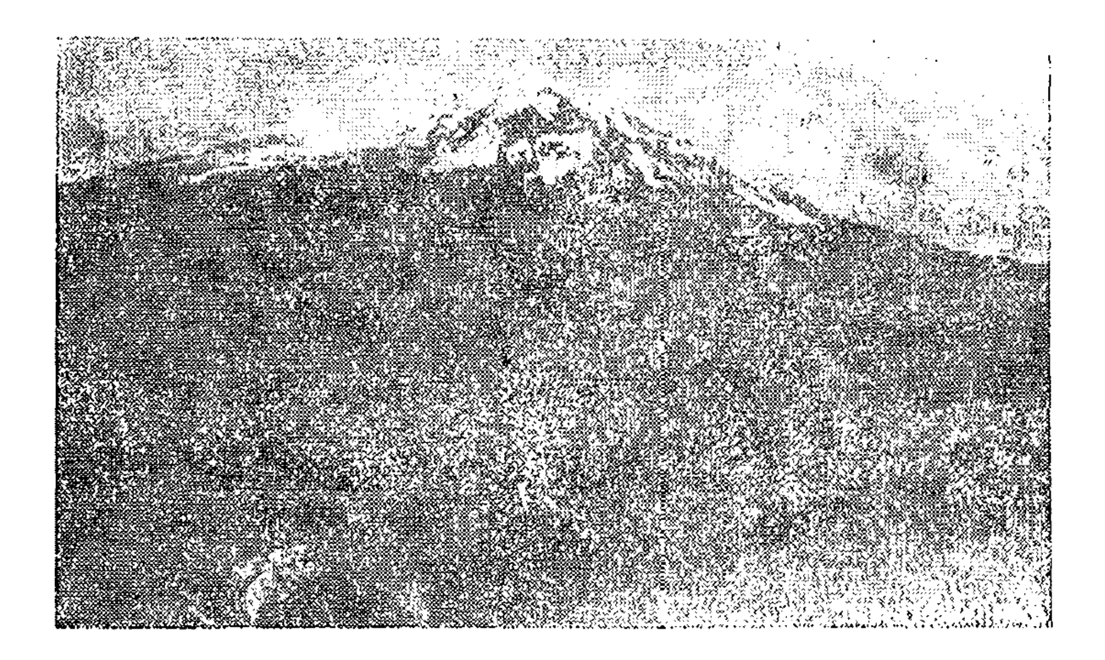


Figura 3. El Antisana

Humboldt no quiso ausentarse definitivamente de Quito sin haber explorado el cráter del Pichincha. Esta vez, para la organización de la segunda ascensión cuenta con la ayuda de Xavier Ascázubi, quien solía ir de caza por las faldas del Pichincha y conocía de consiguiente también las elevaciones occidentales más altas que albergan el cráter. El día 26 de mayo de 1802 pusiéronse en el camino por la chorrera. Atraviesan las quebradas de Palmascuchu y Verdecuchu y, después de muchas subibajas difíciles, llegan a la falda exterior del cráter mismo, constituida por una superficie muy inclinada, cubierta de cascajo flojo de piedra pómez.

En sus “Escritos menores” Humboldt relata dramáticamente como superaron las múltiples dificultades, al trepar por los empinados declives cubiertos de nieve en las últimas alturas, coronando al fin el peñascoso borde del cráter, abruptamente colgado sobre el precipicio interior de la inmensa abertura. Humboldt rebosa de entusiasmo cuando puede distinguir a través de las vertiginosas nubes de vapor sulfuroso, los detalles del fondo del abismo. Dice Humboldt que “*no es posible describir con palabras el aspecto caótico que ofrece la gigantesca boca de fuego del Guagua Pichincha*”, que en los “Escritos menores” erróneamente está denominado Rucu Pichincha.

En la tarde del 27 de mayo se sintieron en Quito unas sacudidas vehementes que hicieron suponer el estallar de nuevas erupciones. Humboldt decide repetir al instante la ascensión, esta vez con Bonpland, Caldas y Montúfar, los cuales habían regresado de los Chillos a Quito.

A las cuatro y media del día siguiente encontramos a Humboldt con sus compañeros saliendo apresuradamente de Quito para ascender por tercera vez al volcán, llenos de la febril expectativa de presenciar fenómenos extraordinarios. A medio día ya están en el borde del cráter sin haber sido estorbados por la nieve como en los días anteriores. En la oscura profundidad del cráter se observan luces azuladas que se mueven de un lado al otro, causadas por la deflagración del azufre. Pero lo que, en primer lugar, caracterizó la reavivada acción del cráter era el hecho de que desde la una y media de la tarde la peña del borde, donde los observadores habían tomado puesto, fue sacudida por temblores vehementes sin que se oyeran truenos subterráneos. Los temblores no fueron sentidos en Quito, por eso Humboldt deduce que ellos se originaron muy cerca de la superficie terrestre y difirieron completamente de los terremotos que nacen a mayores profundidades y consiguientemente se propagan a grandes distancias. Después de cada sacudida vehemente aumentó el olor penetrante de ácido sulfuroso. Todos estos acontecimientos interesantísimos han satisfecho a Humboldt en muy alto grado.

Empero, más al sur le esperaban al gran naturalista otras empresas como la investigación de las selvas de Quina en la región de Loja y del curso superior del Amazonas y principalmente la importante observación astronómica del pasaje de Mercurio por el disco solar, que había de realizarse el 9 de noviembre de 1802, en Lima.

A principios de junio Humboldt deja la hospitalaria tierra de Quito. Con Bonpland y Montúfar marcha a Nueva Riobamba, gozando por última vez de la magnífica vista de ambas cordilleras. El aspecto fantástico del Chimborazo, rey de los Andes ecuatorianos, detiene a Humboldt por largo tiempo en Riobamba. Tenía que determinar la altitud absoluta del coloso volcánico, cuya forma y estructura geológica eran de investigar, correlacionándolas con la nueva teoría del levantamiento de los volcanes. La posibilidad de llegar a alturas todavía no alcanzadas prometía nuevos conocimientos sobre las propiedades físicas de la atmósfera.

Humboldt prepara la ascensión. Con un telescopio potente revisa detenidamente el flanco del cerro, en frente de Riobamba. Sobre el resultado del reconocimiento relata lo siguiente: “*Habíamos examinado con atención el manto nevado del cerro y descubierto algunas cuchillas exentas completamente de vegetación que se prolongaban hacia la cumbre, en forma de estrechas bandas negras, levantadas sobre las nieves perpetuas, cuchillas que nos han procurado una esperanza de que en ellas se podría poner pie firme, en la región de las nieves congeladas.*”

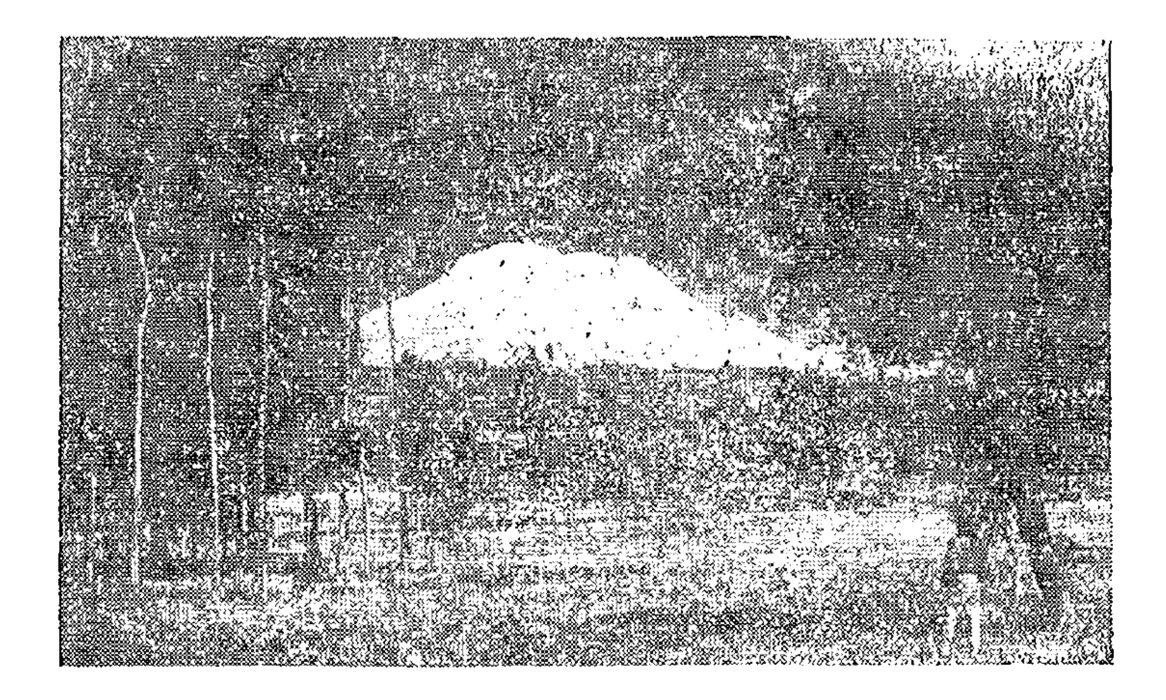


Figura 4. El Chimborazo

El 22 de junio Humboldt sale de Riobamba, con un séquito numeroso, para intentar la ascensión. Pasan una noche en Calpi y el 23 de junio, bien de madrugada, la caravana de excursionistas avanza hacia el Chimborazo. Se compone de Humboldt, Bonpland y Montúfar, además de un guía y unos indios, todos a mula. A la carrera atraviesan los llanos escalonados y llegan en corto tiempo al pie del zócalo del gigantesco cerro. Monótonamente trasmontan las empinadas lomas del páramo. Siempre a lomo de mula avanzan por cuestas poco difíciles, hasta el límite de la nieve perpetua. Humboldt toma la presión barométrica y demás mediciones necesarias para el cálculo de la altitud. El resultado del cómputo dio, en aquel entonces, 4815 metros de altura.

Puesto que la altitud de Riobamba, calculada a base de las mediciones de Humboldt, ascendió a 2891 metros en vez de los 2754 metros actuales, tenemos que reducir proporcionalmente los resultados de los cálculos antiguos para formarnos una idea real de la situación altitudinal de los lugares a los que se refiere Humboldt en su ascensión. Sus apreciaciones de los elementos necesarios para el cálculo de la altitud eran, sin duda, correctas. En cambio, el método de la aplicación de las mediciones en el cálculo fue defectuoso y no rindió resultados suficientemente precisos.

Consiguientemente el límite de la nieve perpetua se halló a la altitud real de 4585 metros en vez de los 4815 metros, erróneamente calculados en tiempo de Humboldt, y ocupó una altitud de 300 metros más baja que en la actualidad. Este importante hecho afirma que igualmente en los Andes había tenido que efectuarse un retroceso enorme de los glaciares, lo que se ha observado ya desde hace años en todo el mundo. En adelante damos la correspondencia en los números puestos en paréntesis, con los cálculos antiguos.

La cuchilla libre de nieve y hielo, reconocida desde Riobamba con el anteojo, hace posible a los primeros andinistas seguir a pie la ascensión en la zona glaciar. Los indios empero rehúsan avanzar más. No se dejan conmover ni por ruegos ni amenazas y regresan al lugar donde han quedado las mulas. Humboldt, Bonpland y Montúfar, sólo acompañados de un mestizo del pueblo de San Juan, suben en fila la estrecha cresta empinada, trepando los escalones escarpados como cuadrúpedos. "*A la izquierda, el precipicio estaba cubierto por un plano de nieve despeñadiza, que parecía vidriado por la congelación. La superficie espejeante mostró una inclinación de 30 grados. A la derecha, la vista se perdía en una profundidad horrorosa de unos trescientos metros de la cual emergían peñones verticales*". Además, Humboldt anota en su diario: "*Es una característica propia de todas las excursiones por las cadenas de los Andes que encima del límite de la nieve perpetua los hombres blancos se encuentran en las situaciones más arriesgadas, sin guías siempre y aun sin conocimientos del lugar. Allá uno está siempre en el primer puesto*".

Por la mayor parte del tiempo la cumbre del Chimborazo está escondida detrás de las nieblas. Aumentan más y más las molestias causadas por el soroche y la dificultad de respirar. Humboldt registra científicamente los síntomas que le sobrevienen a él mismo y a las demás personas.

De repente se parten las nubes y aparece la cúpula resplandeciente del Chimborazo. "*El aspecto grandioso crea nueva esperanza de llegar a la cumbre y estimula las fuerzas decaídas*".

Los hombres se reaniman y avanzan por la cuchilla, a trechos menos empinada, hasta que de improviso se abre un profundo barranco intransitable que corta transversalmente la cuchilla y pone a la empresa un término insuperable. No fue posible rodear la quebrada. A la una y media del día Humboldt midió en este sitio la presión barométrica. Habían llegado a la altura de 5610 metros (5879). Sólo corto tiempo se detienen en la triste soledad envueltos en nieblas densas, después de haber recolectado una cantidad de fragmentos de roca porque "*hemos previsto se nos pedirá en Europa, en cada oportunidad, un pedacito del famoso Chimborazo*". Regresan de prisa y al anochecer los excursionistas ya se encuentran en Calpi.

Prescindiendo de su valor científico, la ascensión efectuada en sólo un día hasta la altura de 5610 (5880) metros efectivos, representa también un éxito andinístico respetable, si se toma en cuenta que Humboldt, en el camino, ha ejecutado observaciones y mediciones, además de herborizar y recoger muestras de rocas.

Posteriormente se manifestaron dudas de que Humboldt hubiera alcanzado en un día la altitud de 5879 metros, y con razón si en realidad se habría tratado de esta altura errónea, porque Humboldt y sus compañeros estaban desprovistos de los equipos andinísticos necesarios para vencer las enormes dificultades que les esperaban, siempre en mayor escala, si hubieran intentado continuar la ascensión más allá de los 5610 metros. En cambio, no cabe dudar de que han alcanzado la altura real de 5610 metros.

No es difícil, siguiendo la descripción de Humboldt, encontrar en el lado sud-sudeste la cuchilla en cuestión que pasa zigzagueando hacia arriba en dirección a la cumbre principal, cuchilla situada entre el glaciar de Humboldt (al oeste) y el nicho peñascoso (al este), que alberga el glaciar regenerado denominado Carlos Pinto.



Figura 5. El Tungurahua

Entre las ilustraciones de los "Aspectos Pintorescos de las cordilleras" se hallan los grabados en cobre del Cotopaxi y del Chimborazo que fueron ejecutados según los dibujos de la mano de Humboldt. El Cotopaxi está representado como estrato-volcán en su simetría cónica perfecta, en tanto que la forma de cúpula campaniforme del Chimborazo ha sido muy acentuada. En el último caso Humboldt ha dado su conformidad a la teoría del levantamiento vulcano-mecánico de los volcanes diciendo que "*el Chimborazo recuerda las protuberancias de la corteza terrestre exentas de cráteres (que comunican el interior del globo con la atmósfera) protuberancias que fueron abolladas por la fuerza elástica de los ardientes gases subterráneos*".

Las alturas del Chimborazo y del Tungurahua fueron determinadas por métodos combinados barométrico-trigonométricos, alturas que difieren notablemente de los resultados presentes a causa de las circunstancias anteriormente expuestas. Humboldt prestó también su atención a las ruinas volcánicas grandiosas del Carihuairazo y de los Altares.

Con la investigación de la selva de Quina en el sur del país termina su estadía en el Ecuador.

Al regreso de Lima, Humboldt por última vez puede admirar desde la costa al Chimborazo. Escribe en "Aspectos Pintorescos de las cordilleras": "*La forma más majestuosa de las cumbres altas de los Andes es la del Chimborazo…Cuando el aire, después de las abundantes lluvias invernales, de repente adquiere una transparencia inverosímil, se ve desde la lejanía de la costa del Mar del Sur al Chimborazo, como una nube blanca en el cielo. Desprendido completamente de las elevaciones vecinas se alza por encima de toda la cadena de los Andes, igual al majestuoso domo, obra del genio de Miguel Angel, que se levanta sobre los monumentos antiguos alrededor del Capitolio.*"

WALTHER SAUER

β